

STAVEBNÍ OBZOR

RO NÍK 14 ÍSLO 01/2005

Navigace v dokumentu

OBSAH

Korbelá , J. – O adlík, P. – Ryjá ek, P. – Schindler, J. – Veverková, J. – Malý, Z. – Citta, M. Zaplavování mostu “Košická“ v Bratislav	1
Makovi ka, D. – Makovi ka, D. jr. Izolace budov proti nadm rným vibracím od provozu metra	8
Tydlitát, V. – Tesárek, P. – Kunca, A. – Friedlová, L. – erný, R. – Rovnaníková, P. Tepelné a vlhkostní vlastnosti vápenné omítky s p ísadou metakaolin – 2. ást	16
Hánek, P. – Janžurová, I. – Hánek, P. jr. Geodetická m ení pro ur ení svahových sesuv v lokální prostorové síti Rabenov	21
Pavelka, K. – Štroner, M. Jednoduché potla ení vlivu vad objektivu nem ických komor	26

1 • 2005

ročník 14

STAVEBNÍ OBZOR

pozemní stavby
dopravní stavby
vodohospodářské stavby
geotechnika
konstrukce a materiály
technologie
životní prostředí
geodézie a kartografie
mechanizace
informatika
ekonomika
software



Fakulta stavební
ČVUT v Praze



Česká komora autorizovaných
inženýrů a techniků



Český svaz
stavebních inženýrů



Fakulta stavební
VUT v Brně



Fakulta stavební
VŠB TU-Ostrava

OBSAH

Korbelář, J. – Očadlík, P. – Ryjáček, P.
– Schindler, J. – Veverková, J. –
– Malý, Z. – Citta, M.

**Zaplavování mostu “Košícká”
v Bratislavě 1**

Makovička, D. – Makovička, D. jr.

**Izolace budov
proti nadměrným
vibracím
od provozu metra 8**

Tydlitát, V. – Tesárek, P. – Kunca, A.
– Friedlová, L. – Černý, R. –
– Rovnaníková, P.

**Tepelné a vlhkostní
vlastnosti vápenné
omítky s přísadou
metakaolinů – 2. část 16**

Hánek, P. – Janžurová, I. –
– Hánek, P. jr.

**Geodetická
měření pro určení
svahových sesuvů
v lokální prostorové
síti Rabenov 21**

Pavelka, K. – Štroner, M.

**Jednoduché potlačení
vlivu vad objektivu
neměřických
komor 26**

CONTENTS

Korbelář, J. – Očadlík, P. – Ryjáček, P.
– Schindler, J. – Veverková, J. –
– Malý, Z. – Citta, M.

**Floating of the “Košícká”
Bridge in Bratislava 1**

Makovička, D. – Makovička, D. jr.

**Insulation of Buildings
against Excessive Vibrations
from the Operation of the
Underground 8**

Tydlitát, V. – Tesárek, P. – Kunca, A.
– Friedlová, L. – Černý, R. –
– Rovnaníková, P.

**Thermal and Moisture
Characteristics of Lime
Plaster with Metakaolin
Additives – Part 2 16**

Hánek, P. – Janžurová, I. –
– Hánek, P. jr.

**Geodetical Measurements
for Slope Slide
Determination
in the Rabenov Local
Spatial Network 21**

Pavelka, K. – Štroner, M.

**Simple Reduction
of Faults of the Lens
of Non-Metric
Cameras 26**

INHALT

Korbelář, J. – Očadlík, P. – Ryjáček, P.
– Schindler, J. – Veverková, J. –
– Malý, Z. – Citta, M.

**Einschwimmen der Brücke
“Košícká” 1**

Makovička, D. – Makovička, D. jr.

**Dämmung von Bauwerken
gegen übermäßige
Vibrationen aus dem
U-Bahn-Betrieb 8**

Tydlitát, V. – Tesárek, P. – Kunca, A.
– Friedlová, L. – Černý, R. –
– Rovnaníková, P.

**Wärme- und
Feuchtigkeitseigenschaften
von Kalkputz mit Zugabe von
Metakaolinen – 2. Teil 16**

Hánek, P. – Janžurová, I. –
– Hánek, P. jr.

**Geodätische Messungen
zur Bestimmung von
Böschungsverschiebungen
im lokalen räumlichen
Netz Rabenov 21**

Pavelka, K. – Štroner, M.

**Einfache Unterdrückung
des Einflusses von
Mängeln nichtmessender
Kammern 26**

REDAKČNÍ RADA**Předseda:**

prof. Ing. Jiří STUDNIČKA, DrSc.

Místopředseda:

doc. Ing. Alois MATERNA, CSc.

Členové:

Ing. Miroslav BAJER, CSc.

doc. Ing. Pavel HÁNEK, CSc.

Ing. Jiří HIRŠ, CSc.

doc. Ing. Vladimír JELÍNEK, CSc.

Ing. Jana KORYTÁROVÁ, PhD.

Ing. Karel KUBEČKA

Ing. Petr KUNEŠ, CSc.

doc. Ing. Ladislav LAMBOJ, CSc.

doc. Ing. Ivan MOUDRÝ, CSc.

doc. Ing. Jaroslav NOVÁK, CSc.

doc. Ing. Luděk NOVÁK, CSc.

doc. Ing. Miloslav PAVLÍK, CSc.

prof. Ing. J. PROCHÁZKA, CSc.

Ing. Vlastimil ROJÍK

Ing. Karel SVOBODA

doc. Dr. Ing. Miloslav ŠLEZINGR

Ing. Ludvík VÉBR, CSc.

doc. Ing. Josef VITÁSEK, CSc.

prof. Ing. Jiří WITZANY, DrSc.

Ing. Renata ZDAŘILOVÁ

STAVEBNÍ OBZOR, odborný měsíčník, vydává
Fakulta stavební ČVUT Praha společně s Fakultou
stavební VUT Brno, Fakultou stavební VŠB TU
Ostrava, Českou komorou autorizovaných inženýrů
a techniků činných ve výstavbě a Českým svazem
stavebních inženýrů. Řídí redakční rada, vedoucí
redaktorka Marcela Klímová. Adresa redakce:
Thákurova 7, 166 29 Praha 6, tel./fax: 224 354 596,
klimova@fsv.cvut.cz, http://web.fsv.cvut.cz/obzor.
Vychází každý měsíc kromě července a srpna,
cena za výtisk je 40 Kč včetně DPH (+ poštovné a
balné). Objednávky odběru i reklamace přijímá
Ing. Milan Gattringer, MG DTP, Borovanská 3388, 143 00
Praha 4, tel./fax: 241 770 220, e-mail: mgdtp@volny.cz.
Odběr je možné zrušit až po vyčerpání zaplaceného
předplatného. Inzerce adresujte redakci. Technická
redakce a realizace: Ing. Milan Gattringer. Po-
dávání novinových zásilek povoleno Ředitelstvím
pošt Praha, č. j. NP 144/1994, ze dne 21. 10. 1994. Do
sazby 13. 12. 2004. Nevyžádané rukopisy se nevracejí.

INDEX 47 755, ISSN 1210-4027

Zaplavování mostu „Košická“ v Bratislavě

Ing. Zdeněk MALÝ
Profi Projekt, Ostrava

Ing. Jaroslav KORBELÁŘ
Ing. Pavel OČADLÍK
Ing. Pavel RYJÁČEK, Ph.D.

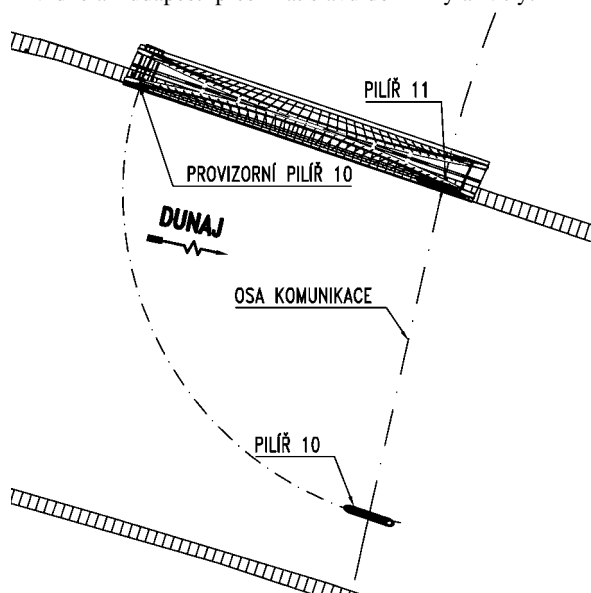
Ing. Milan CITTA
Hutní montáže Ostrava, a. s.

Ing. Jiří SCHINDLER
Ing. Jitka VEVERKOVÁ
VPÚ DECO PRAHA, a. s.

Článek pojednává o montáži mostu a jeho zaplavení do definitivní polohy. Ocelový obloukový most o rozpětí 321 m a hmotnosti 5 400 t byl smontován na levém břehu Dunaje a do definitivní polohy přemístěn metodou zaplavení na soulodí. Popisuje rovněž návrh, posouzení a konstrukční provedení velkého množství speciálních konstrukcí navržených a vyrobených pro tuto neobvyklou montáž.

Úvod

Most Košická je pracovní název pátého mostu přes Dunaj. Vychází z názvu ulice, jejímž je prodloužením. Po dokončení bude převádět silniční dopravu mezi levobřežní částí města Nivy a pravobřežní Petržalkou. Je umístěn mezi Starým mostem, který převádí místní silniční dopravu ze Starého města na Petržalku, a dvoupatrovým Přístavním mostem, jenž převádí dálnkovou silniční a železniční dopravu z Vídně a Budapešti přes Bratislavu do Žiliny a Nitry.



Obr. 1. Montáž mostu na levém břehu Dunaje

Ocelová mostní konstrukce s plechovou ortotropní mostovkou je navržena jako spojitá o šesti polích celkové délky 517,5 m s dominantním hlavním polem o rozpětí 231 m přes vlastní koryto řeky. Hlavní pole tvoří dva komorové nosníky vyztužené dvěma oblouky komorového průřezu v šikmých rovinách typu Langerova trámu. Hlavní

nosníky jsou zavěšeny na oblouky pomocí vějířovitě uspořádaných lanových závěsů. Montáž čtyř mostních polí délky 52,5 + 61 + 61 + 63 m na pravém břehu a jednoho pole délky 49 m probíhala vzhledem k relativně malé výšce nad úroveň terénu klasickou blokovou montáží z terénu. Hlavní mostní pole bylo montováno na předmontážní plošině na levém břehu (obr. 1) a do definitivní polohy nad řekou přemístěno otočením okolo levobřežního povodního ložiska metodou zaplavování druhého konce mostní konstrukce podepřené na provizorním pilíři na soulodí. Aby bylo možné celý manévr otáčení zaplavováním hlavního mostního pole bezpečně realizovat, bylo nutno vyprojektovat, vyrobit, postavit a smontovat řadu pomocných konstrukcí. Cílem příspěvku je seznámit čtenáře s těmito konstrukcemi, ze kterých vyplývá složitost a náročnost tohoto ojedinělého projektu.

Konstrukční provedení

Pomocné podpěry pro montáž hlavních nosníků a mostovky

Pomocné podpěry sloužily pro podepření trámu při montáži mostovky. Byly umístěny pod hlavními trámy mostu, vždy pod stykem jednotlivých dílců, s roztečí 21 nebo 24 m (obr. 2). Výška podpěr byla proměnná podle terénu a nivele-



Obr. 2. Montážní podpěry mostovky a oblouku

ty mostu od 10 do 13 m. Konstrukce PÍŽMO se základním modulem 4 × 4 m byla uložena na stavitelných nánožkách. Stejný roznos zatížení do všech sloupků zajišťovaly hlavy pomocných podpěr sestavené z roštových nosníků. Podpěry, založené na atypických panelech, roznášely zatížení na přípustnou únosnost podloží 0,25 MPa. Protipovodňová

opatření zabezpečovala okolní terén u panelů proti vymílání proudící vodou.

Původní záměr montáže od jednoho konce ke druhému byl z důvodů dodávky výrobně jednodušších montážních dílů upraven na montáž od středu mostu na obě strany směrem k ložiskům. Důsledkem byla dilatace ze středu na obě strany mostu. Proto byly v této oblasti použity zesílené pomocné podpěry se širší základnou schopné přenášet vodorovné účinky teplotních změn a větru. Po dokončení montáže trámu bylo pevné uložení uprostřed konstrukce zrušeno a jeho funkci plnilo kalotové ložisko na pilíři č. 11.

Nosná konstrukce byla podepřena montážními ložisky sestavenými z teflonových desek a leštěného austenitického plechu z nekorodující oceli. Rektifikační podložky a směrové vedení umožnily výškové i směrové nastavení trámu.

Čtvrtkruhová dráha u pilíře č. 11

Dráha sloužila k podepření nosné konstrukce hlavního pole mostu ležícího na čtyřech bodech v době montáže, a především při jeho otáčení v průběhu zaplavování. Pevným otočným bodem na pilíři č. 11 bylo kalotové ložisko, druhým opěrným bodem v oblasti nadpodporového příčnicku mostu byla kluzná opěrná patka posazená na čtvrtkruhové dráze o poloměru 23,9 m (obr. 3). Čtvrtkruhová dráha byla



Obr. 3. Čtvrtkruhová dráha u pilíře č. 11

tvořena svařeným nosníkem komorového průřezu výšky 2 m a šířky 1,8 m. Vzhledem k extrémnímu zatížení 14 MN v jednom podpěrném místě (čtvrtina hmotnosti mostu) a poměrně malému poloměru zakřivení nebylo možno použít jakékoli inventární pomocné konstrukce. Kluzná patka o rozměrech 1,6 × 1,6 m rovnoměrně zatěžovala horní plochu nosníku čtvrtkruhové dráhy a při otáčení mostu postupně docházelo k jejímu zatěžování v každém bodě. Při výrobě byla zdůrazněna nutnost dodržení rovinnosti horní plochy a odstranění přechodových hran.

Podpěrná konstrukce kruhové dráhy byla atypicky sestavena ze šesti věží PÍŽMO se speciálně vyrobenou roznášecí nástavbou z válcovaných profilů HEB, zajišťujících rovnoměrný přenos zatížení do sloupů PÍŽMA. Osmice sloupů PÍŽMO, sestavená ze čtyřicet sloupek PÍŽMO, se ztužením typickým i atypickým přenášely pohyblivé zatížení do roštových nosníků ležících na betonovém základu. V rozích byly věže připevněny kotevními šrouby do základu. Rozšířená věž pod nadpodporovým příčnickem mostu sloužila zároveň k podepření čtyř hydraulických lisů o nosnosti 500 t pro zdvihání a naklápění mostu.

Pomocné podpěry pro montáž oblouků

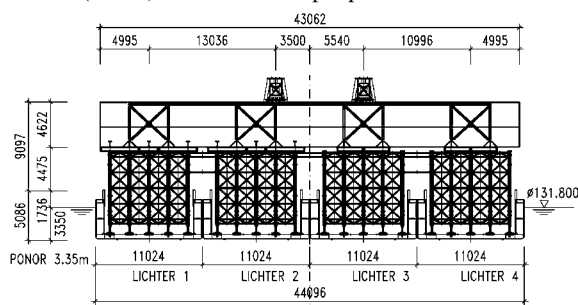
Podpěry sloužily k podepření oblouku mostu v prostoru nad mostovkou. Oblouk byl rozdělen na třináct dílů. Konstrukce podpěrných věží o maximální výšce až 35 m byla provedena tak, aby se zatížení co nejlépe rozneslo na mostovku. Půdorysný průmět oblouku na mostovku určoval několik typů konstrukčního řešení. Od krajních samostatných věží u paty oblouku, přes nižší a široké dvojice s horním rámem, až po vysoké úzké dvojice spojené středním i horním rámem. Konstrukce se základním modulem 2 × 2 m s dolním rozšířením na 2 × 6 m byla postavena na výškově stavitelných nánožkách pro bezpečný roznos zatížení na plechovou ortotropní mostovku podložených dřevěnými hranoly. Hlavu věží tvořily roštové nosníky a trojice nosníků IP 600 s přivařenými rektifikovatelnými stoličkami. Samostatné věže byly kotveny ke konstrukci mostu proti účinkům větru.

Provizorní pilíř a bárka

Tato složitá pomocná montážní podpora sestává z bárky a montážního železobetonového pilíře. Bárka ze soustavy PÍŽMO měla dvě základní konstrukční části, a to část podporující nosnou mostní konstrukci v místě definitivního návodního ložiska a část podpírající dvojici drah, na kterých byla uložena "třecí dráha" pro přesun mostu. Montážní železobetonový pilíř podporuje nosnou mostní konstrukci v místě definitivního povodního ložiska a tvoří podporu dvěma montážním dráhám bárky a soulodí. Bárka byla navržena tak, aby bezpečně přenesla všechny reakce ve všech fázích podepření nosné ocelové mostní konstrukce. Mostní konstrukce byla podpírána při zdvihání ve dvou místech na koncovém příčnicku, při kontrole geometrie ve dvou místech definitivních ložisek a při přesunu ve čtyřech místech na kluzných botkách, posunujících se po třecí dráze uložené na dvojici montážních drah. Bárka byla vzhledem k velkým svislým silám a omezené možnosti roznášení osamělých reakcí provedena ze čtyřicet sloupek v modulu 2,4 m. Každá montážní dráha sestávala ze čtyř dvojic nosníků IP 1000, na kterých byly v rastru 600 mm uloženy dřevěné pražce z bukového dřeva a konstrukce třecí dráhy. Ta se skládala celkem ze dvou trojic roštových nosníků vzájemně propojených čepovými a šroubovými spoji. Betonový montážní pilíř sestával ze tří sloupů 2 × 2 m, horního mohutného tvarovaného úložného prahu a základové desky 13,35 × 6,40 × 1,50 m podporované 66 mikropilotami délky 9 m. Všechny pomocné konstrukce montážní bárky byly zabezpečeny ztužením a propojením s betonovým pilířem tak, aby mohly přenášet i vodorovné síly.

Provizorní pilíř na soulodí

Druhý konec mostního pole byl při zaplavování podporován mohutným soulodím o rozměrech 38,20 × 44,20 × 4,07 m s největším ponorem 3,3 m při celkovém zatížení 4 820 t (obr. 4). Celé soulodí s podpůrnou konstrukcí tvoří



Obr. 4. Příčný řez pilířem na soulodí



Obr. 5. Pohled na soulodí při zaplavování

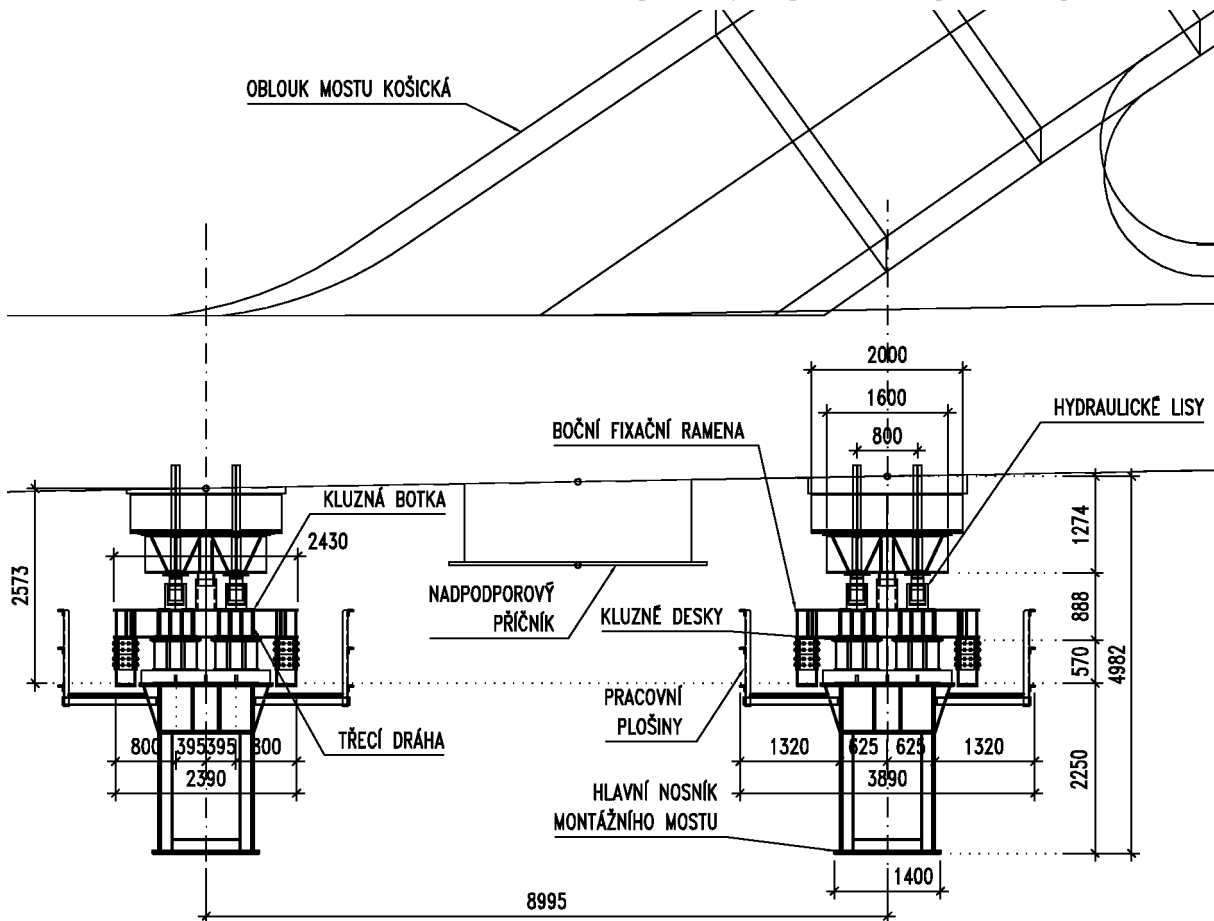


Obr. 6. Definitivní pilíř č. 10 osazený konzolami a montážním mostem

lo v podstatě plovoucí montážní pilíř. Sestávalo ze čtyř člunů Lichter DM s dvojitým dnem a stěnami a uvnitř vybudovanou roznášecí konstrukcí PÍŽMO. Vzájemné propojení člunů a rovnoměrný roznos zatížení na celé soulodí zabezpečovala dvojice mohutných komorových roznášecích nosníků $2,25 \times 4,50$ m, vzniklých spojením dvou nosníků bývalé mostní výsuvné skruže nad sebe a jejich vyztužením. Tyto nosníky podíraly montážní most na soulodí, tvořený dvojicí půdorysně zakřivených komorových nosníků $2,25 \times 1,75$ m a délky 54 m, vzájemně spojených trubkovým příhradovým ztužením. Každé plavidlo bylo rozděleno uprostřed na dvě části dodatečně vevařenou svislou přepážkou. Celé soulodí mělo tedy osm komor, které byly postupně naplňovány vodou s řízeně proměnlivou hladinou a sloužily pro vyvažování jeho těžiště během přesunu mostní ocelové nosné konstrukce. Všechny pomocné konstrukce byly zabezpečeny vzájemných ztužením a rozepřením. Jednotlivé čluny byly propojeny lany a spojovacími prvky, takže soulodí působilo jako jedno plavidlo (obr. 5).

Pomocná podpěra na definitivním pilíři

Pro přesun ocelové mostní konstrukce ze soulodí na definitivní betonový pilíř č. 10 v řece byly k jeho dříku připojeny čtyři ocelové konzoly výšky 8,8 m, které tvořily podporu pro montážní most, složený z dvojice půdorysně zakřivených komorových nosníků délky 26 m a průřezu $2,25 \times 1,75$ m vzájemně spojených příhradovým ztužením (obr. 6). Ocelové konzoly byly mohutné konstrukce trojúhelníkového tvaru sestávající z komorových průřezů opřených do výklenků v pilíři. Dvojice protilehlých konzol byly vzájemně spojeny přepínacími tyčemi $\varnothing 36$ mm a přikotveny tak pevně k dříku pilíře. Další pomocnou kon-



Obr. 7. Schéma uložení mostu na kluzné botky a montážní most

strukcí bylo ložisko pro kotvení plovoucího pilíře na soulodí k definitivnímu betonovému pilíři, které přenášelo vodorovné síly působící na soulodí od tlaku vodního proudu v řece a zatížení větrem. Všechny pomocné konstrukce byly zabezpečeny ztužením a propojením k betonovému pilíři, aby mohly přenášet i vodorovné síly.

Kluzné zařízení

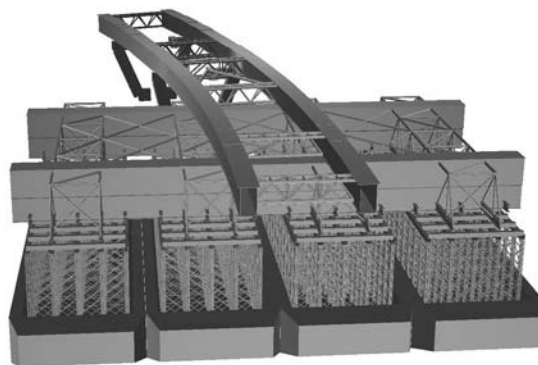
Přesouváný konec mostu byl v průběhu otáčení podepřen ve čtyřech místech na konstrukci kluzných botek. Tyto botky s roznášecí nástavbou z ocelových nosníků I500 a dřevěných hranolů zajišťovaly rovnoměrný roznos do hlavních nosníků. Pod nimi byla na každé botce umístěna čtveřice hydraulických lisů ENERPAC (každý o nosnosti 250 t), přenášejících svislé zatížení. Dvě čtveřice lisů na každém hlavním nosníku byly vzájemně propojeny, aby vytvářely hydraulický polštář a bylo zajištěno rovnoměrné rozdělení zatížení. Vodorovné síly přenášela v místě lisů dvojice vzájemně zasunutých trubek ve funkci teleskopického zařízení, umožňujícího svislé pohyby. Tím bylo zamezeno příčnému zatížení hydraulických lisů. Spodní část botek tvořila čtveřice kluzných saní, jejichž spodní plocha byla zaoblena a potažena přivařeným leštěným plechem z austenitické nekorodující oceli. Pod plech se postupně na třecí dráhu vkládaly sendvičové desky z kluzného materiálu MSM (Maurer Sliding Material) a několika elastomerových a ocelových vrstev. Demontovatelná svislá ramena po stranách botek sloužila ke ztužení a bočnímu zajištění při přesunu po montážním mostu na soulodí (obr. 7).

Mostní konstrukce se pohybovala pomocí lanových táhel kotvených do konzol na koncích nosníků montážního mostu. Pohyb zajišťovaly čtyři hydraulické lanové zvedáky o celkové únosnosti 200 t. V případě potřeby bylo možno jejich počet zvýšit na šest o maximální krátkodobé únosnosti až 360 t. Lanová táhla byla pro bezpečnost oboustranná, přičemž jedna strana zajišťovala vlastní pohyb a druhá působila pouze jako pojistka pro případ nepředvídaných okolností.

Statický výpočet

Návrh popsáných konstrukcí byl poměrně složitý, neboť vzhledem k výjimečnosti celé akce nebylo možno čerpat ze zkušeností s tímto způsobem montáže. Ve výpočtu bylo počítáno s celou řadou vlivů a zatížení, jako je vítr, tlak vodního proudu, nerovnoměrné rozdělení zatížení, třecí síly a teplotní změny. Zároveň se prověřoval vliv geometrické nelinearity na chování soulodí a byla provedena dynamická analýza. Na mnoha složitých prostorových prutových modelech se ověřovaly jednotlivé konstrukce v různých montážních fázích. Vybrané konstrukční detaily byly prověřeny a posouzeny na prostorových deskostěnových modelech.

Neobvyklým problémem byl zejména návrh a modelování pilíře na soulodí a jeho spolupůsobení s ostatními konstrukcemi. Po analýze bylo rozhodnuto pro celé soulodí a všechny fáze jeho působení vytvořit prostorový prutový model (obr. 8), ve kterém byly změny statického systému posouzeny pomocí „absencí“ (vyloučení prvků a podpor z činnosti). Chování člunů Lichter bylo modelováno deskostěnovými prvky. Pro neobvyklé uložení soulodí na vodě byla zvolena analogie pružného podepření s uložením dna na pružné podloží o tuhosti 10 kN/m^3 , což odpovídá reakci při zatláčování tělesa do kapaliny. V jednotlivých fázích byl také plošným zatížením zadáván odpovídající vztlak a tíha balastní vody.



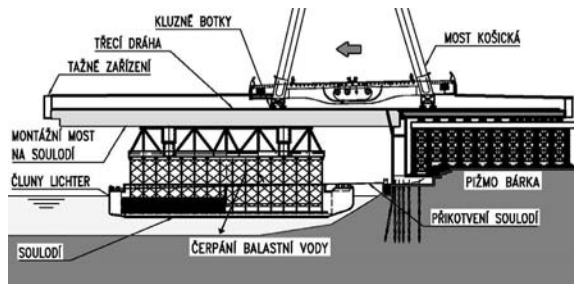
Obr. 8. Render výpočetního modelu pilíře na soulodí

Postup zaplavování

Základním předpokladem pro úspěšné zaplavení mostní ocelové konstrukce bylo zajištění konstantní výšky hladiny Dunaje na předepsanou hodnotu 131,8 m n. m. a příznivé klimatické podmínky, tj. možnost provádění prací do rychlosti větru 10 m/s. První podmínku zajišťovalo vodní dílo Gabčíkovo, které bylo schopno po dobu zaplavování předepsanou konstantní výšku hladiny udržet. Druhá podmínka závisela na povětrnostní situaci, monitorované předpovědní službou hydrometeorologického ústavu v Bratislavě. Tato předpověď byla pro zahájení zaplavování mostní nosné konstrukce rozhodující. Po dobu zaplavování byl na několik dnů přerušen lodní provoz. Montáž probíhala ve třech fázích, ve kterých se postupně měnilo chování konstrukce i její statický systém.

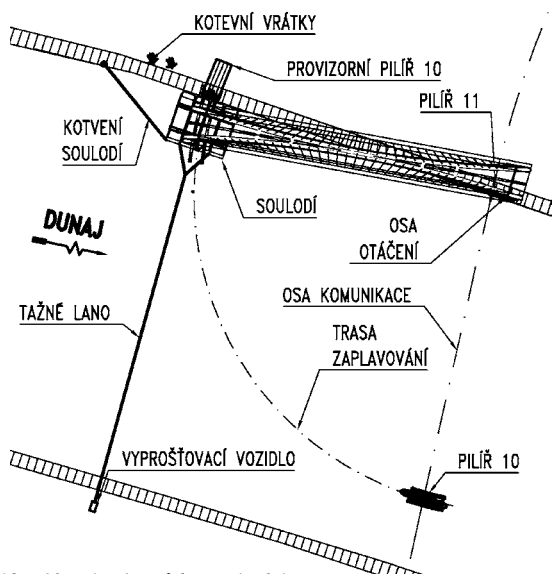
Fáze 1 – přesun mostu z bárky na soulodí

Vlastní práce začaly zdvihem mostní konstrukce nad montážní bárku na břehu o 1 m a přiřazením soulodí k provizornímu pilíři č. 10. Vertikální pohyby soulodí (při osazování nosníků montážních mostů na soulodí na úložný práh provizorního pilíře a na konzoly na definitivním pilíři) se prováděly přičerpáváním a odčerpáváním balastní vody v komorách člunů. Po spojení nosníků montážního mostu s provizorním pilířem byla sestavena třecí dráha a následně instalovány připravené kluzné botky. Mezi třecí dráhu a botky byly vloženy kluzné desky opatřené speciální silikonovou vazelinou. Na konzoly na koncích montážních mostů byly instalovány hydraulické lanové zvedáky a lana pro tažení mostu (obr. 9, obr. 10).



Obr. 9. Fáze 1 – přesun mostu z bárky na soulodí

Zvětšující se zatížení soulodí při přesunu mostní konstrukce bylo vyvažováno postupným vyčerpáváním balastní vody z jednotlivých komor podle předem vypočteného režimu (obr. 11). Přesun probíhal v krocích po 30 cm, po nichž následovalo kontrolní měření a korekce hladiny balastní vody v komorách. Po přesunu na soulodí byla mostní konstrukce připevněna speciálními ocelovými prvky k montážnímu mostu.



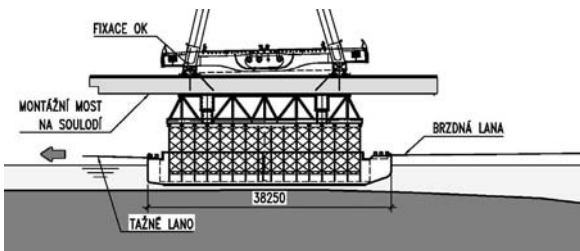
Obr. 10. Fáze 1 – půdorysné schéma



Obr. 11. Soulodí po odpojení od břehu

Fáze 2 – zaplavení mostu přes Dunaj

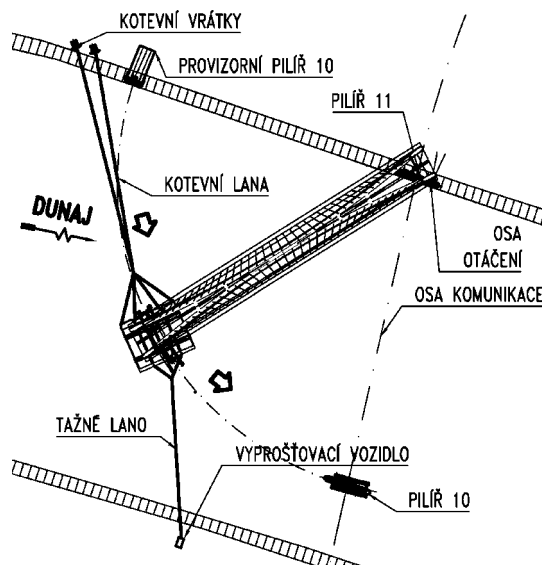
Postupným odčerpáváním balastní vody bezprostředně před zaplavováním bylo soulodí s montážním mostem uvolněno z upevnění na provizorním pilíři č. 10. Po dokončení přípravných prací mohlo být zahájeno zaplavování (obr. 12,



Obr. 12. Fáze 2 – zaplavení mostu přes Dunaj

obr. 13). Pohyb soulodí na vodě zajišťovalo tažné lano vyprošťovacího vozidla z pravého břehu řeky, v další fázi se předpokládalo, že tuto funkci převezme proud řeky. Vzhledem k nedostatečné hnací síle vody posloužilo tažné lano vyprošťovacího vozidla a v závěru i pomocí dvou remorkérů, každého o tlačné síle 10 t. Pohyb soulodí byl jistiěn brzdnými lany Ø 60 mm dvou mohutných vrátek kotvených na levém břehu. Při přistávacím manévru soulodí k definitivnímu pilíři č. 10 v řece bylo zapojeno do činnosti

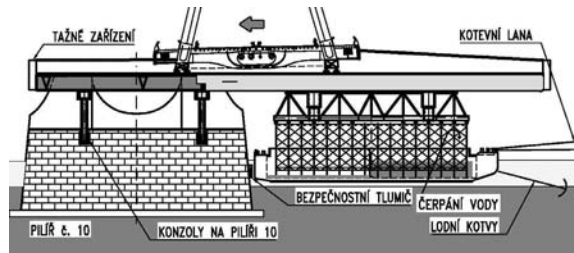
ještě napínací lano z pravého břehu a lodní kotvy umístěné na člunech. Konečný kontakt soulodí s pilířem řídila dvojice remorkérů, které byly vzhledem k pomalému proudu schopny zajistit stabilní spojení soulodí s ložiskem v čele pilíře. Následovala jemná rektifikace umístění komorových nosníků montážních mostů na konzolách a jejich spojení s montážními mosty na soulodí pomocí svislých předpínacích tyčí.



Obr. 13. Fáze 2 – půdorysné schéma

Fáze 3 – přesun mostu ze soulodí na definitivní pilíř

Po spojení montážních mostů byla sestavena třecí dráha a instalována lanová táhla kotvená do konzol připevněných na koncích nosníků montážního mostu. Po odstranění fixace mostní konstrukce k pomocným konstrukcím na soulodí byl zahájen přesun mostu na definitivní pilíř (obr. 14, obr. 15).



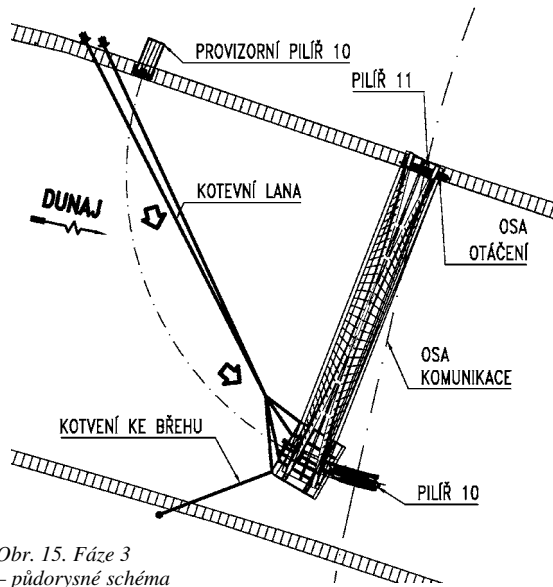
Obr. 14. Fáze 3 – přesun mostu ze soulodí na definitivní pilíř č. 10

Vyvažování soulodí vzhledem k plynule se zmenšujícímu zatížení probíhalo stejným způsobem jako u břehu, avšak opačným postupem. Manévry skončil podepřením nosné konstrukce nad pilířem na lisy, umístěné pod koncovým příčnickem, a spuštěním na ložiska. Odpojením soulodí, rozebráním a odstraněním pomocných montážních konstrukcí bylo zaplavení nosné konstrukce hlavního pole mostu zakončeno (obr. 16).

Hodnocení návrhu montáže

V první fázi přesunu nosné ocelové konstrukce na soulodí vznikaly potíže s kluznými sendvičovými deskami z materiálu MSM. Postupně byly překonány a konstrukce byla přesunuta na soulodí. Při přesunu bylo běžně dosahováno počátečního součinitele tření 4,5 %, který po rozjetí klesal na 3,8 %. Další problémy vznikaly při uvolňování půdorysně zakřivených nosníků montážního mostu na soulodí

z ložisek na provizorním pilíři. Po technických opatřeních se však soulodí uvolnilo.



Obr. 15. Fáze 3
– půdorysné schéma

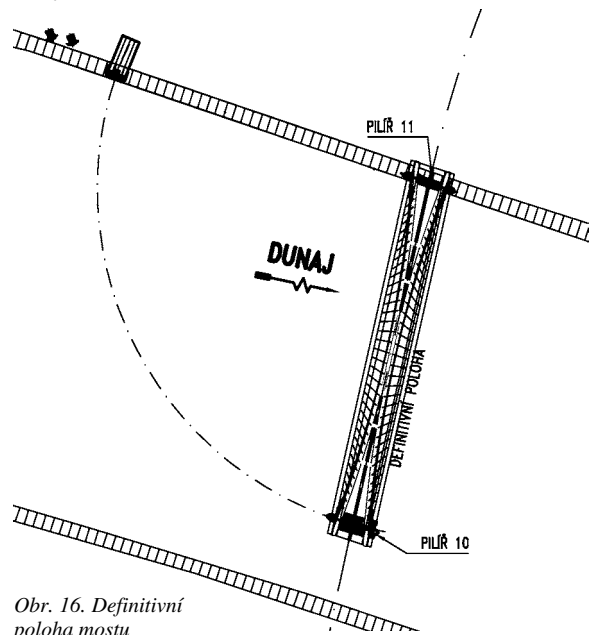
Vlastní otáčení mostu probíhalo za velmi malé rychlosti vody v Dunaji s nedostatečnou unášecí silou. Proto bylo nutno zapojit tažnou sílu vyprošťovacího tanku, umístěného na pravém břehu řeky nejen v počáteční fázi, ale po celou dobu otáčení. Po spojení konstrukcí zavězecích nosníků na soulodí se zavězecími nosníky na definitivním pilíři vznikly neočekávané potíže s kluznými deskami, které se deformovaly a jednotlivé vrstvy se vzájemně oddělovaly. Tyto potíže se nepodařilo překonat v čase určeném pro vlastní zaplavování. Přesto byla plavba na Dunaji obnovena, avšak sníženou rychlostí v místě montáže mostu. Tím se ztratila možnost regulovat přesnou polohu soulodí tahem lany kotvenými na levém břehu a tuto funkci převzaly remorkéry. Požadovanou výšku hladiny vody se po prodloužené době nedařilo udržet, a proto bylo nutno tuto výškovou disharmonii vyrovnávat odlehčováním balastní vody ze soulodí. Nakonec byly potíže s kluznými sendvičovými deskami překonány a nosná ocelová konstrukce hlavního mostního pole byla přesunuta ze soulodí na definitivní pilíř. V době odpojování soulodí od pilíře začala nečekaně stoupat hladina vody rychlostí až 0,2 m/h, a zároveň stoupala i rychlost vody z 0,8 m/s při otáčení zaplavováním na 3,6 m/s. V té chvíli bylo soulodí odpojeno od horizontálního ložiska na definitivním pilíři a pomocí tří remorkérů zaplaveno k levému břehu, zakotveno a připraveno k demontáži. Nosná konstrukce byla opatrně spuštěna na ložiska. Tím manévr zaplavování skončil.

Korbelář, J. – Očadlík, P. – Ryjáček, P. – Schindler, J. – Veverková, J. – Malý, Z. – Citta, M.: Floating of the “Košícká” Bridge

The paper briefly describes the erection and floating of the “Košícká” Bridge into its final position across the Danube River. This steel arch bridge of span 231 m and weight 5200 t was assembled on the left bank of the river and the completed superstructure was then transported on a pontoon across the Danube to the final position. Details about special temporary steel structures, designed to support the bridge superstructure during all steps of the erection, are also given.

Závěr

Zvolená metoda montáže ocelové nosné konstrukce hlavního mostního pole otočením pomocí zaplavení na soulodí byla úspěšně provedena a potvrdila správnou volbu pro dané poměry. Rozhodujícím faktorem pro úspěch této metody bylo zajištění konstantní výšky hladiny vody v řece po dobu přesunu nosné konstrukce na soulodí a ze soulodí na definitivní pilíř, která by bez účinné pomoci a spolupráce vodního díla Gabčíkovo nebyla možná. Určitým rizikem byly požadavky na omezující klimatické podmínky, co se týká rychlosti větru. Ty jsou v podstatě řešitelné v rámci určitého časového intervalu. Dalším problémem bylo omezení mezinárodní lodní dopravy, což je rovněž technicky řešitelné.



Obr. 16. Definitivní poloha mostu

Přemístění ocelové nosné konstrukce o hmotnosti 5 400 t a rozpětí 231 m mostu Košícká v Bratislavě, jejíž otočení zaplavením se uskutečnilo dne 19. září 2004, je výjimečnou událostí mostního stavitelství v celoevropském měřítku. Tato unikátní operace na tekoucí vodě bude vždy patřit mezi nejzajímavější a nejobtížnější technologické postupy montáže, jaké kdy byly co do celkové hmotnosti a velikosti rozpětí mostní konstrukce v Evropě realizovány a jistě zaujme i přední místo u odborné veřejnosti na celém světě.

Zhotovitelem realizační dokumentace pomocných montážních konstrukcí bylo VPÚ DECO PRAHA, a. s., a Profi Projekt. Zhotovitelem montáže jsou Hutní montáže Ostrava, a. s.

Korbelář, J. – Očadlík, P. – Ryjáček, P. – Schindler, J. – Veverková, J. – Malý, Z. – Citta, M.: Einschwimmen der Brücke “Košícká”

Der Artikel behandelt die Montage und das Einschwimmen der Brücke “Košícká” in ihre endgültige Position über der Donau. Diese Stahlbogenbrücke mit einer Spannweite von 231 m und einem Gewicht von 5200 t wurde auf dem linken Donau-Ufer zusammengesetzt und mit der Methode des Einschwimmens auf einer Schiffskombination in ihre endgültige Lage gebracht. Der Artikel beschreibt die Planung, die statische Berechnung und die Ausführung der großen Menge von Montagebauteilen, die für diese ungewöhnliche Montage geplant und gefertigt wurden.

● osobní zprávy

Vzpomínka na profesora Karla Rektoryse



Dne 10. prosince 2004 zemřel ve věku nedožitých 82. narozenin prof. RNDr. Karel Rektorys, DrSc., nejvýznamnější matematik druhé poloviny dvacátého století, v české (i československé) matematice, působící na technice. Matematik, s řadou vynikajících výsledků ve vědecké a badatelské práci v oblasti parciálních diferenciálních rovnic, s řadou aplikací převážně v oblasti stavebních oborů.

Karel Rektorys se narodil 4. února 1923 v Písku. Zde studoval na reálce Dr. Adolfa Heyduka a maturoval v roce 1941. Do roku 1945 pracoval jako úředník na poště. Ihned po válce začal studovat na Přírodovědecké fakultě Univerzity Karlovy, kde získal v roce 1949 aprobaci pro výuku matematiky a fyziky na středních školách, jak bylo tehdy obvyklé. Po ukončení studií však odešel do Škodových závodů v Plzni, v nichž pracoval jako matematik. Sám vždy říkal, že právě tam poznal, jak důležitá je matematika při řešení praktických problémů a jakou matematiku chce pěstovat. Po vojenské službě strávil tři roky v Ústředním ústavu matematickém, kde začal systematicky vědecky pracovat. Generace tehdejších aspirantů tohoto ústavu byla velmi silná (Kurzweil, Nožička, Babuška a mnozí další). Jedním z významných výsledků z této doby byla kniha *Matematická teorie rovinné pružnosti*, kterou napsal spolu s I. Babuškou a F. Vyčichlem (NČSAV 1955, 522 stran, 1960, německy). Již zde můžeme objevit později tak charakteristický Rektorysův rukopis.

V roce 1954 přivádí F. Vyčichlo Karla Rektoryse na České vysoké učení technické, na Fakultu inženýrského stavitelství a její Katedru matematiky a deskriptivní geometrie. V roce 1957 je zde jmenován docentem, v roce 1964 profesorem. Ke konci padesátých let řeší Karel Rektorys problém hydratačního tepla v betonových masívech. Problém, v jehož pozadí stála stavba Orlické přehrady. Řešení problému vedlo k celé škále Rektorysových výsledků, které byly publikovány jak časopisecky, tak se objevily v monografiích, publikovaných v sedmdesátých a osmdesátých letech. Pro řešení problému tepla musel Rektorys vybudovat rozsáhlý teoretický aparát. Zobecnil Rotheho metodu a použil ji na řešení širokého spektra matematických i aplikačních problémů.

Monografie *Variační metody v inženýrských problémech a v problémech matematické fyziky* (SNTL 1974; Reidel 1977, 1979; J. Hanser 1984; MIR 1985) byla pravděpodobně nejúspěšnější Rektorysovou monografií. Následovala *The Method of Discretization in Time and Partial Differential Equations* (Reidel 1982; SNTL 1985, česky). Za publikace získal řadu ocenění, např. Literární cenu ČMT (1975). Publikoval více než třicet původních vědeckých prací, převážně velmi rozsáhlých, v mnoha případech se spoluautory. V Science Citation Index najdeme několik stovek citací jeho prací. Publikoval mnoho dalších prací jak odborných, tak popularizačních. Velmi významnou roli hrála spolupráce s mnoha matematiky i inženýry, kteří byli

jeho žáky. Vychoval mnoho aspirantů matematiků, podílel se na přípravě mnoha aspirantů inženýrů, které přivedl ke složitě, ale užitečné matematice.

Byl vynikajícím badatelem, vědcem, a navíc i vynikajícím učitelem. Dovedl i velmi složité problémy vykládat s lehkostí, nadhledem a citem pro posluchače. A toto je na technice zvlášť důležité. Učil bez přehánění tisíce studentů, kteří dodnes, a mnozí právě v těchto chvílích, vzpomínají na jeho přednášky. Jeho učitelský cit je ukryt nejen v jeho monografiích, ale i učebnicích, příručkách a skriptech. Snad nejznámější je *Přehled užité matematiky* (česky – 1963, 1967, 1973, 1981, 1988, 1995, anglicky – Iliffe 1968, Kluwer 1994). Rozsáhlé dílo, kde Karel Rektorys vedl mnohačlenný autorský kolektiv, si zaslouží náš obdiv. I jeho poslední kniha *Co je a k čemu je vyšší matematika* (Academia 2001) dokládá, že ani v posledních letech neztratil nic ze své osobnosti a pedagogického mistrovství.

Karel Rektorys vedle vlastní vědecké práce, vedení aspirantů, výuky v řádném studiu, spousty konzultací a dalších činností vědeckou práci sám organizoval. Řadu let koordinoval rozsáhlý matematický výzkum v aplikované matematice na Českém vysokém učení technickém v Praze. Absolvoval několik zahraničních stáží, z nichž nejdelší byl roční pobyt na Univerzitě v Káhiře. Tři roky vedl i Katedru matematiky a deskriptivní geometrie na Fakultě stavební ČVUT (1969–1972).

Jeho práce přinesla i mnohá ocenění. Nejvýznamnější byla Národní cena (1979), Zlatá Bolzanova plaketa za rozvoj matematických věd (1983), jmenování Čestným členem Jednoty českých matematiků a fyziků (1987), Zlatá Felberova medaile jako nejvyšší ocenění Českého vysokého učení technického v Praze (1983), jmenování Členem korespondentem ČSAV (1989), Státní cena (1989), Cena ministra školství (1991), jmenování Čestným členem ČMT (1994), Sříbrná medaile Univerzity Karlovy (2003). Na jeho počest byly pořádány konference, např. *Mathematical and Computer Modelling in Science and Engineering* (2003) při příležitosti jeho 80. narozenin, jeho jménem byla pojmenována jedna z planetek (40 459 – 1999 RK 43 – Rektorys).

Ale nebyl jen asketickým vědcem. Miloval hory, vášnivě rád hrál ping-pong, miloval vážnou hudbu, miloval město Písek. Měl rád lidi. Zvlášť mladé lidi. Žil mezi nimi, a proto byl stále sám mladý. Nikdy neřekl nemám čas, žádný problém pro něho nebyl triviální, každému složitějšímu problému chtěl přijít na kloub. Když přicházel s problémem pro své žáky, vždy věděl, jak asi na něj, či dokonce jak se bude řešit.

Karel Rektorys byl skromným, citlivým a taktním člověkem, jehož práce i celý život jej zařadily mezi významné osobnosti české vědy. Česká matematika, České vysoké učení technické v Praze, Fakulta stavební ČVUT v Praze i její Katedra matematiky přišly o osobnost, jejíž zásluhy o jejich rozvoj byly mimořádné.

Čest jeho památce.

Jaroslav Černý
katedra matematiky

Izolace budov proti nadměrným vibracím od provozu metra

*doc. Ing. Daniel MAKOVIČKA, DrSc.
ČVUT – Kloknerův ústav
Praha*

*Ing. Daniel MAKOVIČKA, jr.
Statika a dynamika konstrukcí
Kutná Hora*

Stavební konstrukce budov nad metrem nebo v jeho blízkosti jsou zatíženy vibracemi, které pro ně zpravidla nejsou nebezpečné. Vibrace však mohou být nadměrné pro uživatele objektu, ať již jde o obytné prostory, nebo o umístění citlivých zařízení. Příspěvek je věnován analýze signálu šířícího se z metra podloží, způsobům izolace a prognóze vibrací objektu na úrovni jednotlivých podlaží. Způsob použití pryže pro omezení nadměrných vibrací je objasněn na příkladu obytné budovy.

Časový průběh vibrací od přejezdu vlaků metra na úrovni základové budovy včetně odpovídajícího frekvenčního spektra ze dvou lokalit v Praze je uveden na *obr. 1*. Z porovnání je zřejmé, že zatížení budovy se liší jak intenzitou, tak frekvenčním složením. Před návrhem izolace je tedy nutné provést minimálně ověřující měření vibrací na stanovišti budoucího objektu. Ze záznamů lze usuzovat i na úroveň šumových hodnot pozadí – vibrací, které se budou do stavební konstrukce budovy šířit z ostatních zdrojů, tedy např. od přejezdu vozidel po pozemních komunikacích, vliv mechanismů (ventilátorů větrání, pohyblivých schodišť apod.) na trase metra nebo strojů v průmyslové části zástavby v blízkosti stanoviště budovy.

Úvod

Při projíždění vlaků metra traťovými tunely a stanicemi a při provozu mechanismů ve stanicích a tunelech (klimatizace, eskalátorů apod.) dochází ke vzniku vibrací, které se šíří konstrukcí tunelové roury nebo staniční konstrukcí do okolí. Charakter těchto vibrací závisí na parametrech ve zdroji, tedy na způsobu jízdy vlaků, jejich konstrukci, obsazení cestujícími, geometrii a vlastnostech jízdní dráhy (především na způsobu upevnění kolejnic), konstrukci tunelu nebo stanice, parametrech strojního zařízení v tunelech a ve stanicích apod. Kromě parametrů vibrací ve zdroji ovlivňuje jejich velikost složení geologického prostředí v okolí metra, tedy cesty od zdroje k ohrožené konstrukci. Konečně provedení konstrukce, zatížené těmito vibracemi, je může zesílit, nebo utlumit.

Dynamické účinky na okolní konstrukce

Před prováděním opatření v konstrukci, kterou chceme chránit, je tedy nezbytné znát amplitudovou úroveň a frekvenční složení vibrací, které se do objektu z metra budou šířit. Tyto charakteristiky je vhodné stanovit pro konkrétní lokalitu a podmínky založení posuzované nebo chráněné budovy. Charakteristiky vibrací v jednotlivých lokalitách se však mohou významně lišit, protože jejich velikost a frekvenční složení závisí kromě obecných parametrů (konstrukci vlaků, jízdní dráze, konstrukci stanic a tunelů apod.) na parametrech na místě – stanovišti (zejména na složení geologického prostředí, způsobu založení apod.). Odlišnost vibrací naměřených na trase B a C je zřejmá z porovnání *obr. 1* a *obr. 9a*.

Odpovědnému návrhu opatření pro omezení přenosu do chráněné konstrukce proto musí předcházet měření vibrací a vyhodnocení na místě – nejlépe na konstrukci základové spáry. Výsledkem jsou frekvenční spektra buzení nebo časový průběh vibrací, které slouží jako vstupní signál (úroveň zatížení) pro dynamický výpočet chráněné konstrukce a posouzení navržených konstrukčních řešení.

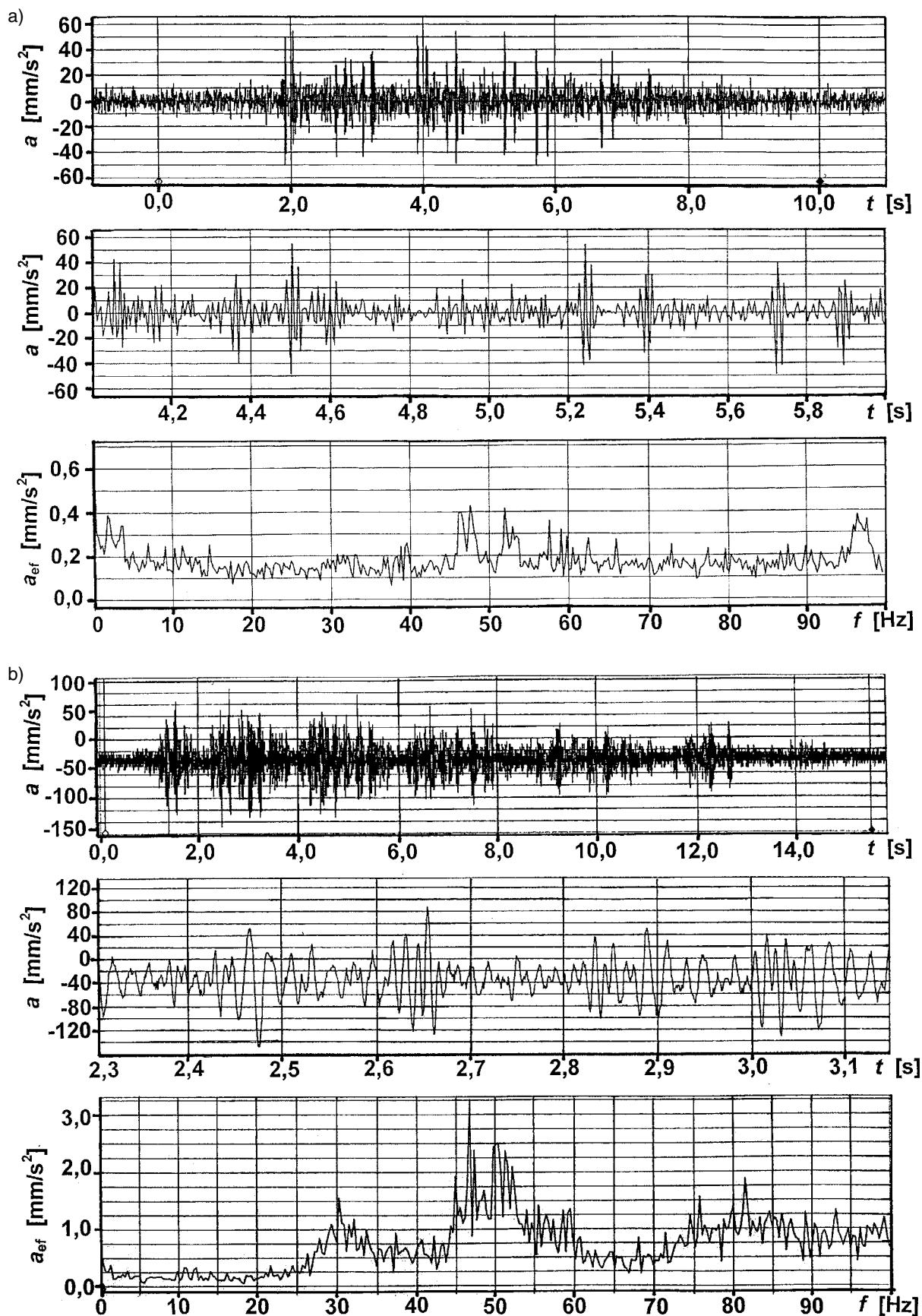
Způsoby omezování vibrací

Přenosu vibrací do konstrukce budovy je možné bránit opatřeními ve zdroji, na cestě od zdroje ke chráněné konstrukci, a konečně uvnitř nebo v její základové části. Provádět opatření ve zdroji, např. použít pryžová kola, popř. nákolky u vozidel metra (jako v Paříži), nebo ukládat kolejovou dráhu pružně (Miláno; zkušební úseky na Kačerově v Praze [3]), je věcí politiky dopravy a není pravděpodobné, že by tyto postupy byly vzhledem k nákladnosti a zásahu do konstrukčního řešení kolejové dráhy a vozidel metra použity i v našich podmínkách. Je tedy nutné uplatnit opatření pro omezení vibrací na cestě od zdroje nebo v konstrukci budovy samé.

Přenos vibrací na cestě od zdroje ke chráněnému objektu lze přerušit např. podzemními stínícími stěnami s vloženými dynamickými filtry, a tím je částečně snížit. Tento způsob byl použit při návrhu založení nemocnice nad tunelovými úseky metra [5] (*obr. 2*). Na obrázku je vidět ukládání perlitových matrací na základovou desku budovy a jejich zakrývání textilní ochrannou vrstvou. Efektivnost tohoto řešení závisí zejména na úrovni spodní vody v podzákladí a na jejím složení. Pro vysokou hladinu spodní vody je tento způsob neefektivní, pokud nedojde k výraznému snížení hladiny spodní vody odvodněním. Příliš efektivní není ani tehdy, pokud zdroj vibrací (tunel nebo stanice metra) je mělko pod velkou částí základové spáry konstrukce.

Efektivním způsobem snížení úrovně vibrací chráněné konstrukce je její pružné založení jako celku vůči základové konstrukci (desce, vaně apod.). Odpružení bývá realizováno osazením konstrukce na pružinové bloky ocelové, pryžové, korkové, popř. z jiného materiálu. Příklad použití ocelových pružin je ze staveb v Německu na *obr. 3* [1], [2] a pryže u nás na *obr. 4* [4], [8]. V současné době se u nás stále častěji používá osazení odpružené části objektu na „spojité“ vrstvy [12] zpravidla pryží, které je považováno z hlediska provádění zpravidla za jednodušší.

Efektivnost odpružení je dána frekvenčním naladěním konstrukce. Čím je naladěni konstrukce objektu jako celku na pružinách nebo pružné vrstvě nižší v porovnání s domi-



Obr. 1. Naměřené vertikální vibrace na úrovni základové spáry v blízkosti rozhraní staniční a tunelové trasy metra (nahore celý průjezd vlaku metra – analyzovaný úsek vyznačen kurzory, uprostřed rozvinutý průběh části průjezdu, dole frekvenční spektrum z naměřeného průjezdu)

a – stanoviště na trase B (Jinonice), b – stanoviště na trase C (Pankrác)

nantními frekvencemi buzení (viz spektra na obr. 1), tím spíše jsou utlumeny vyšší frekvence vibrací a akustické frekvence, které se do objektu z geologického prostředí šíří. Vlastní frekvence odpružené budovy je nutné dynamickým výpočtem při návrhu odpružení stanovit a posoudit vzhledem k úrovni buzení. Pokud není třeba chránit před vibracemi celou konstrukci, je možné odpružit jen její část (koncertní sály, kina, divadla, studiové prostory rozhlasu a televize, byty apod.).

Autoři použili v minulosti pryžové bloky k odpružení třípodlažních rodinných domů [4], [8], založených na tunelové rouře metra, a dále pro založení obytných a kancelářských komplexů [11], [12], samozřejmě kromě nejrušnějších základů strojů na spojité vrstvě pryže nebo na ocelových pružinových blocích. Pro odpružení základů velkých strojů jsou zpravidla výhodnější ocelové pružiny vzhledem ke snadnější montáži a možnosti korekce vlastností pružin při modernizaci strojní technologie.

Vibrační izolační vrstvy byly použity také k odpružení dálniční vozovky na korkové vrstvě nad halou Hlavního nádraží v Praze [9] a konstrukce střechy chirurgického pavilonu nemocnice s přístávací plochou pro vrtulníky [10].

● Odpružení spojitými vrstvami

Pro tento způsob odpružení stavebních objektů se používá vrstvená konstrukce se střední vrstvou z pryže, korku nebo obdobných pružných hmot (např. lisované vrstvy z drátků). Tato vrstva se obvykle umísťuje mezi dvě železobetonové desky tak, aby důsledně oddělovala horní část chráněné konstrukce budovy od dolní části základové konstrukce, zatížené vibracemi z podloží. Spojité deskové konstrukce s proloženou izolační vrstvou lze nahradit dostatečně širokými vrstevnatými patkami pod nosným skeletem, vrstevnatými trámovými rošty nebo jejich kombinací. Tloušťku spojitě pružné izolační vrstvy nebo bloků z více vrstev tohoto materiálu a jejich rozmístění je nutné stanovit podle mechanických vlastností (zejména modulu pružnosti) a statického předepnutí pryže stálými zatíženími objektu a dále na základě dynamického výpočtu celého objektu.

Nevýhodou tohoto řešení je zpravidla nepřístupnost pružné vrstvy během životnosti konstrukce, a tedy obtížnost nebo nemožnost její výměny, dále změna vlastností v důsledku stárnutí pryže. Životnost pryže chráněné před slunečním svitem a bez přístupu k derivátům benzínu a nafty bývá podle výrobců zpravidla nad osmdesát let. Další nevýhodou pryže je, že vzhledem k jejich zatížitelnosti lze dosáhnout naladění odpružení konstrukce nejnižší do okolí 5 až 8 Hz, při osazování v celých spojitých vrstvách jen do okolí 11 až 12 Hz, popř. ještě výše.



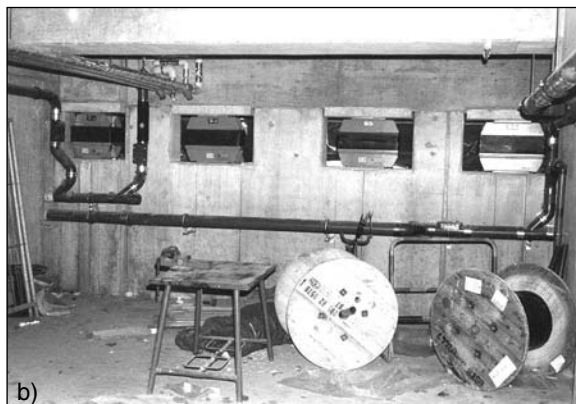
Obr. 2. Pokládání perlitových matrací v základové vaně pod nemocnicí v Praze 9 [5]

a – celkový pohled na základovou vanu,
b – stěna vany – matrace zakryté textilií

Výhodou je naopak dostatečný útlum, který umožňuje snížit rezonanční špičky kmitání na vlastních frekvencích pružného uložení konstrukce.

● Odpružení objektu pružinami nebo pružnými bloky

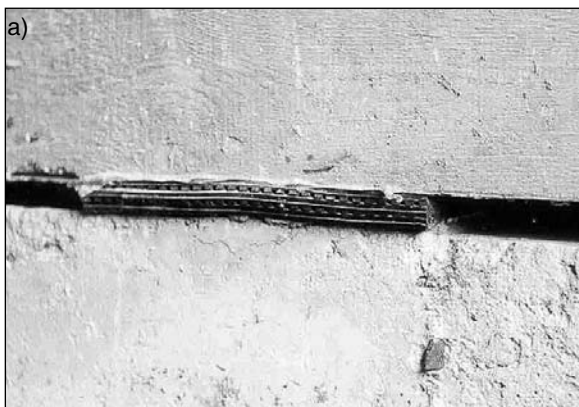
Na rozdíl od vložení v podstatě souvislých vrstev pružných izolačních vrstev pod celou konstrukci budovy nebo jejími vybranými částmi (celými podlažími nebo částmi podlaží) bývá výhodné použití bloků sestavených z ocelových pružin nebo z bloků pryže. Takovéto pružné bloky se umísťují v pravidelné nebo nepravidelné rozteči pod nosnou konstrukci objektu. Princip odpružení je i zde stejný – bloky oddělují chráněnou část konstrukce od částí zatížených vibracemi z okolí.



Obr. 3. Osazení ocelových pružinových prvků Gerb na základovou zeď v prostoru garáží nad stropem nádraží v Hamburku [2]
a – pohled na osazování pružinových prvků, b – pohled zevnitř na zeď rozdělenou pružnými prvky

Velmi efektivní je použití ocelových vlnitých nebo talířových pružin. Umísťují se do pružinových prvků vzájemně spojených montážními (aretačními) šrouby. Na stavbě je lze osazovat jako celek (*obr. 3a*) buď jako předepnuté (stlačené do provozní, předem vypočtené výšky), nebo nepředepnuté, popř. u levnějších typů bez možnosti předpětí. Pro zvýšení tlumení jsou bloky vybaveny integrovanými nebo samostatnými viskózními tlumiči nebo jsou pružiny potaženy pryží („pryžovou punčochou“) – použití pryže ke zvětšení útlumu pružinového bloku je levnější a umožňuje dosáhnout 8 až 10 % poměrného útlumu.

Pružinové bloky se podle výsledků dynamického výpočtu ukládají v předepsaných roztečích zpravidla pod roznašecí rošt nebo do kapes v něm (*obr. 3*), popř. pod patky sloupů.



Obr. 4. Pryžový blok z lepené profilované pryže mezi základovou zdí a roštem nad pryží [8]

a – pohled na jeden pryžový blok,

b – celkový pohled na rozestavenou konstrukci

Typ a jejich rozmístění je stanoveno dynamickým výpočtem konstrukce. Tento způsob uložení umožňuje při rekonstrukcích nebo přestavbách objektu vyměnit pružinové bloky za měkčí nebo tužší, upravit tlumení apod., ale hlavně poskytuje možnost je osadit až ve fázi dokončování stavby podle skutečné úrovně kmitání objektu nebo při doladování vlastností konstrukce, popř. pod částí konstrukce je neosazovat. Manipulace s nimi je usnadněna stažením na sraz montážními šrouby. Výškové diference lze upravit podložení ocelovými klíny nebo plechy. Na dolním i horním povrchu jsou spojeny s okolní zpravidla železobetonovou konstrukcí třením, zvýšeným např. použitím vhodných podložek, nebo kotevnými šrouby.

● Návrh a postup odpružení

Návrh izolace musí vycházet z dispozičního řešení budovy nebo obytného či jiného komplexu s tím, že je výhodné

v rámci přípravných prací shromáždit tato vstupní data:

- situaci umístění objektu v porovnání s podpovrchovými trasami metra a povrchovou silniční dopravou včetně zakreslení kolektorů, velkých kanalizačních stok a sběračů apod. (včetně možných kontaktů chráněného objektu s těmito konstrukcemi);

- stavební řešení objektu včetně základních rozměrů jednotlivých prvků (půdorysu jednotlivých podlaží a řezů), architektonického určení účelu místností (obytné místnosti, kanceláře, garáže apod.);

- statický výpočet horní stavby nad předpokládanou niveletou odpružení s určením zatížení jednotlivých nosných konstrukcí (v dělení na stálá a užitná);

- geologické poměry v místě výstavby;

- charakter vibrací od podpovrchové, popř. povrchové dopravy na úrovni základové spáry nebo nejnižšího podlaží objektu, a to ve formě časových průběhů a jim odpovídajících spekter odezvy. Nevhodnější je stanovit tyto charakteristiky vibračního zatížení měření na předpokládaném stanovišti objektu. Orientačně lze vyjít z odhadu úrovně vibrací na blízkých stanovištích s podobnou skladbou podlaží a konstrukčního řešení metra;

- mechanické charakteristiky prvků předpokládaných pro odpružení.

Na základě shromážděných údajů lze pak již zahájit variantní dynamické výpočty s cílem stanovit optimální rozmístění pružných prvků pod celou konstrukcí nebo jejími částmi. U stávajících konstrukcí se provádějí výpočtové rozvahy pro dodatečné rozmístění prvků odpružení zpravidla jen u částí konstrukce.

U pryží nebo jim podobných materiálů je vhodné ověřit jejich vlastnosti. Tuhost pryžové vrstvy závisí na možnostech její deformace, neboť pryž se přetváří jako kapalina. To znamená, že tuhost vrstvy vyskládané z jednotlivých desek (s možností soudkovitého vybočení obvodových stěn desky do mezer mezi těmito deskami při zatížení tlakem) je výrazně menší než u spojitě velké vrstvy, kde je vybočení pryže pod zatížením omezeno. Rozdíl ve stanovení tuhosti na malých vzorcích pryže a prvků předpokládaných při výstavbě může být i řádový [8].

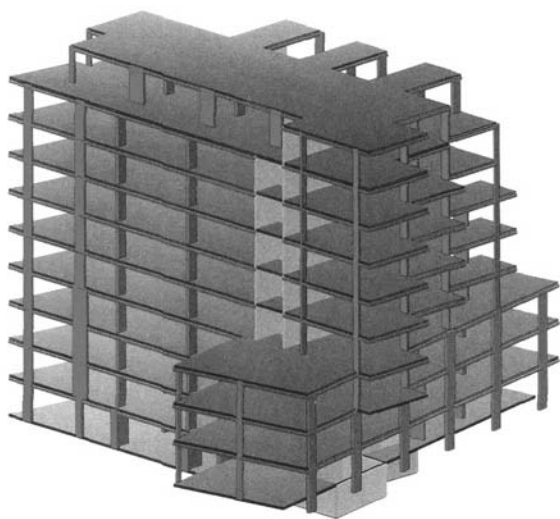
Založení na dělené vrstvě pryže

Na příkladu vícepodlažní železobetonové budovy je řešen přenos vibrací ze základového prostředí do vlastní konstrukce. Budova je založena na velkopřůměrových pilotách vzájemně provázaných výztuží se spodní základovou deskou. Na této desce bylo navrženo umístění antivibrační vrstvy pryže. Na pryži je osazena horní základová deska, do které je vetknuta skeletová monolitická konstrukce budovy. Pružná pryžová vrstva tedy důsledně odděluje dolní a horní část základové desky a dolní a horní část samostatných základových patek (vodorovné vrstvy pryže) a dále všechny svislé konstrukční prvky pod úrovní terénu od okolního prostředí (svislé, šikmé a vodorovné vrstvy pryže, které obklopují sloupové prostupy zeminou, obvodové stěny pod úrovní terénu, horní povrch základových patek nebo pasů přisýpaných záсыpem).

● Výpočetní model

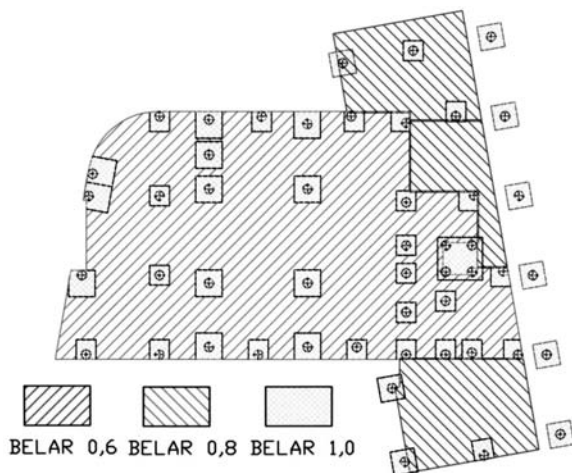
Ve výpočetním modelu (*obr. 5*) byla modelována podle dokumentace objektu všechna podlaží v členění na stropní desky, základové desky nad vrstvou pryže, sloupy, nosné stěny a obvodové a vnitřní přívlaky. Pryžová vrstva byla uvažována jako pružné podloží Winklerova-Pasternakova

typu pod celou plochou horních částí základových desek a dále jako pružné podepření sloupů v místech patek nad pilotami a stěn pod základovými pásy. Tuhost pryže ve výpočetních modelech respektovala jednak typ použitých desek, jednak vzájemnou superpozici plošného a bodového podepření na úrovni horní části základové desky. Do hmotnosti stropních a základových desek byly zahrnuty rovněž hmoty nenosných prvků (tenké příčky, podlahové vrstvy apod.) a také ekvivalent užitého zatížení podlah, střešy a teras – v rozmezí 20 až 40 % podle typu konstrukce a jejího využití.



Obr. 5. Výpočtový model odpružované budovy

Mechanické charakteristiky antivibrační vrstvy vytvořené z pryže byly ověřovány na vzorcích $500 \times 500 \times 25$ mm, které byly použity i pro její vyskládání. Tuhostní parametry vyplynuly ze statických a dynamických zkoušek v laboratoři. Pryžové bloky (desky) se skládají vedle sebe (nikoli do zámků) vždy pouze v jedné vrstvě s mezerami od 3 do 5 mm, umožňujícími soudkovité vyboulení pryže.



Obr. 6. Rozdělení pryže Belar na základové desce a samostatných patkách

Specifikace rozmístění a použitých typů pryže byla sestavena na základě opakovaných výpočtů odezvy tak, aby statická deformace – předpětí pružné vrstvy pryže – bylo přibližně stejné v celé základové spáře a naladění konstrukce budovy na pryži bylo v oblasti nízkých frekvencí. Příklad rozmístění pryže ve vodorovné spáře je na obr. 6, nejnižší vlastní tvary kmitání jsou na obr. 7.

● Prognóza vynuceného kmitání konstrukce

Pro analyzovanou budovu byl proveden výpočet vynuceného kmitání při neharmonickém buzení vibracemi od provozu metra, a to odděleně pro buzení ve vertikálním a horizontálním směru. Horizontální buzení je přibližně poloviční v porovnání s vertikálním. Naměřená časová charakteristika obou je přibližně stejná. Z vypočtené odezvy byla vyhodnocena okamžitá výchylka v jednotlivých podlažích a z ní stanoveny obálky maximálních vibrací pro jednotlivá podlaží (obr. 8). Dále byl pro jednotlivé konstrukční části sestaven časový průběh vynuceného kmitání po celou dobu trvání budicího signálu. Pro vybrané body na vertikále, nejbližší konstrukci metra, je časový průběh vibrací uveden na obr. 9. Z výpočtů je zřejmé, že vnesený impuls do konstrukce od účinků přejezdu vlaků metra je pocítován zejména v nejnižším podlaží jako impuls. Nejvíce kmitající místa jsou v blízkosti sloupů a části konstrukce prostorově situované ke straně k metru. S rostoucí výškou podlaží se tento způsob buzení projevuje zakmitáním objektu na některé z vlastních frekvencí konstrukce.

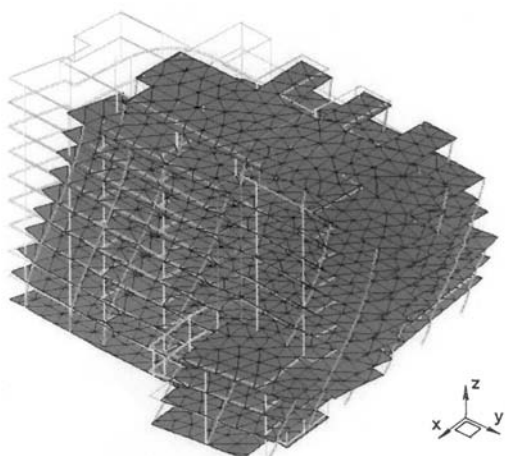
Výraznější vliv zakmitání je však většinou omezen na nejnižší dvě až tři podlaží. Ve vyšších podlažích je časová charakteristika kmitání „roztazena“ do nižších frekvencí. Na další snížení vibrací mají vliv nenosné příčky, poddajné plovoucí podlahy, kobercové krytiny apod. Z porovnání výpočtů je zřejmé, že horizontální buzení je nižší než vertikální – podle měření přibližně poloviční. Dále pak odezva na horizontální buzení je „rozložena“ do velmi nízkých frekvencí a také relativně rychleji utlumena než pro vertikální buzení. Porovnání maximálních hodnot s úrovní kmitání odpružené (chráněné) části budovy je uvedeno v tab. 1.

Tab. 1. Naměřené vibrace od provozu metra v porovnání s prognózou vibrací odpružené konstrukce budovy

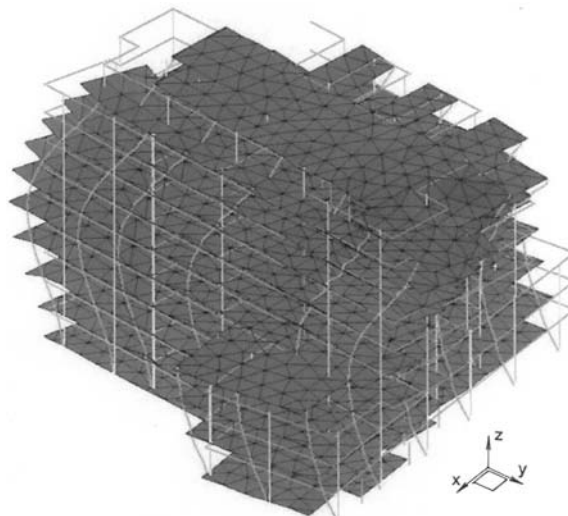
Maximální naměřené vibrace na hlavách pilot neodpružené konstrukce		Prognóza maximálních vibrací odpružené budovy	
frekvenční oblast 32 až 40 Hz		frekvenční oblast 1 až 5 Hz	
vertikálně	horizontálně	vertikálně	horizontálně
výchylka y [μm]			
11,2 ~ 17,1	4,9 ~ 8,9	do 6,0	do 6,8
zrychlení a [mm/s^2]			
454 ~ 690	197 ~ 359	do 5,9	do 6,7

Závěr

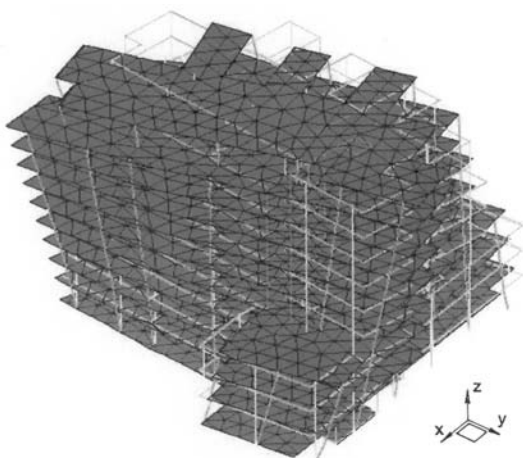
Při provozu metra, zvláště při jízdě vlaků, vznikají vibrace, které se šíří geologickým prostředím a jako technická seizmicita zatěžují stavby v okolí. Příspěvek je věnován možnostem provedení vibrační izolace v základové konstrukci budovy tak, aby tok vibrací do chráněné části konstrukce byl omezen. Pro tuto izolaci lze použít pružné bloky vyskládané z ocelových, pryžových, popř. obdobných pruhů. V českých podmínkách jsou v současnosti aplikovány na několika stavbách vrstvy pryže pro celoplošnou izolaci. Na příkladu obytné budovy je v článku dokumentována metodika návrhu celoplošného odpružení, výsledky dynamického výpočtu – prognóza kmitání odpružené části budovy, a konečně i efektivnost provedeného odpružení.



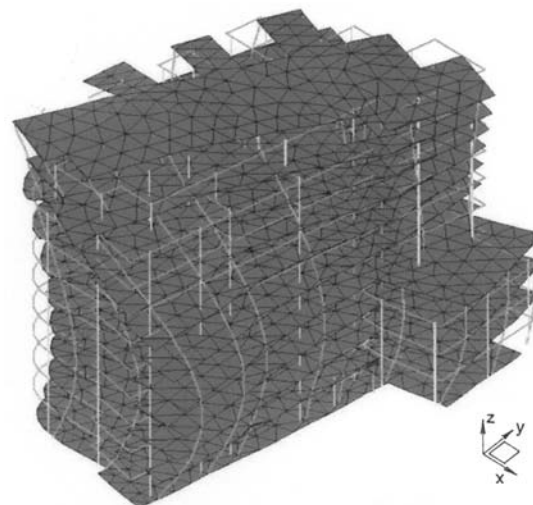
0,718 Hz – ohyb v rovině yz



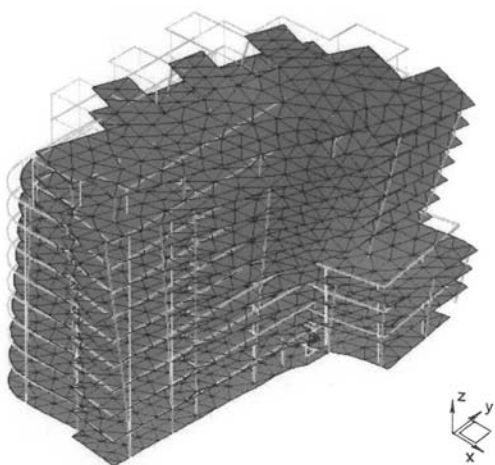
2,432 Hz – ohyb v rovině yz a ohyb krajních desek



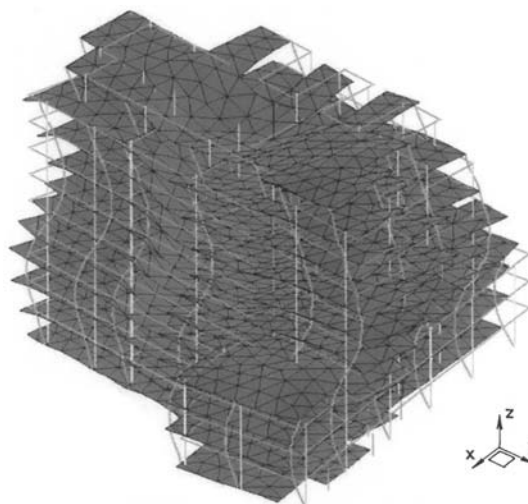
0,950 Hz – kroucení okolo osy z



3,945 Hz – ohyb okolo osy z a ohyb krajních desek



1,289 Hz – kroucení okolo osy z a ohyb v rovině xz



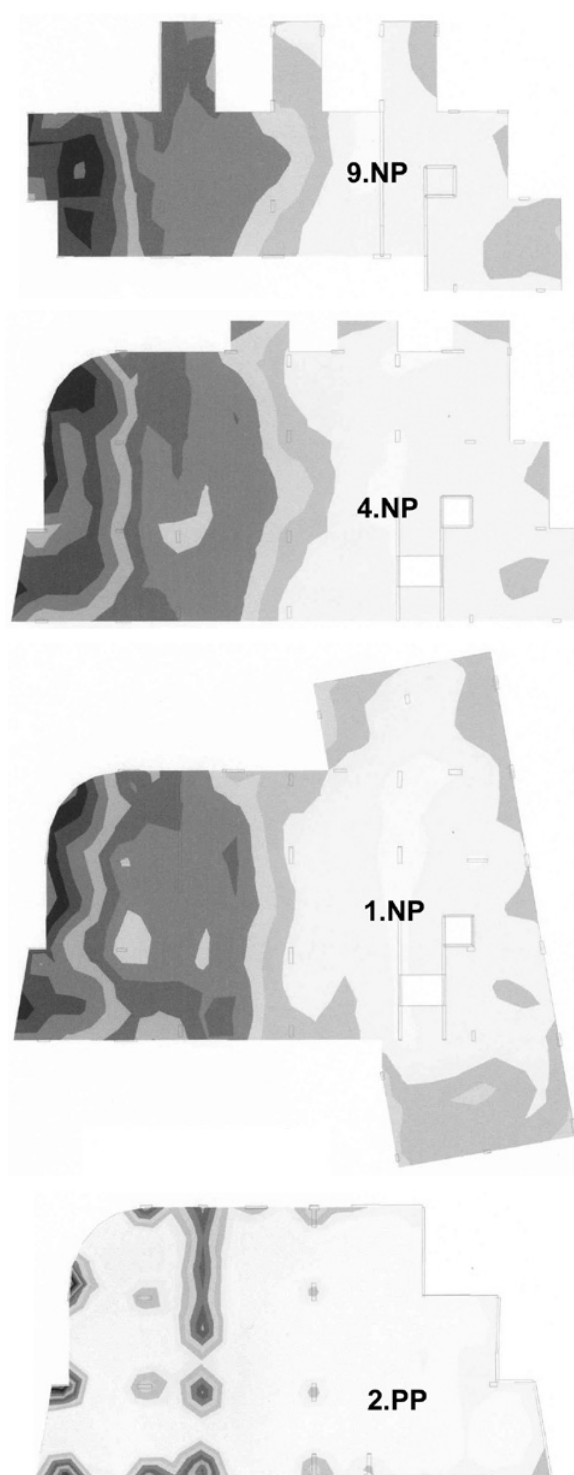
4,745 Hz – ohyb stropních desek a ohyb v rovině yz

Obr. 7. Nejnižší vlastní frekvence kmitání odpružené budovy

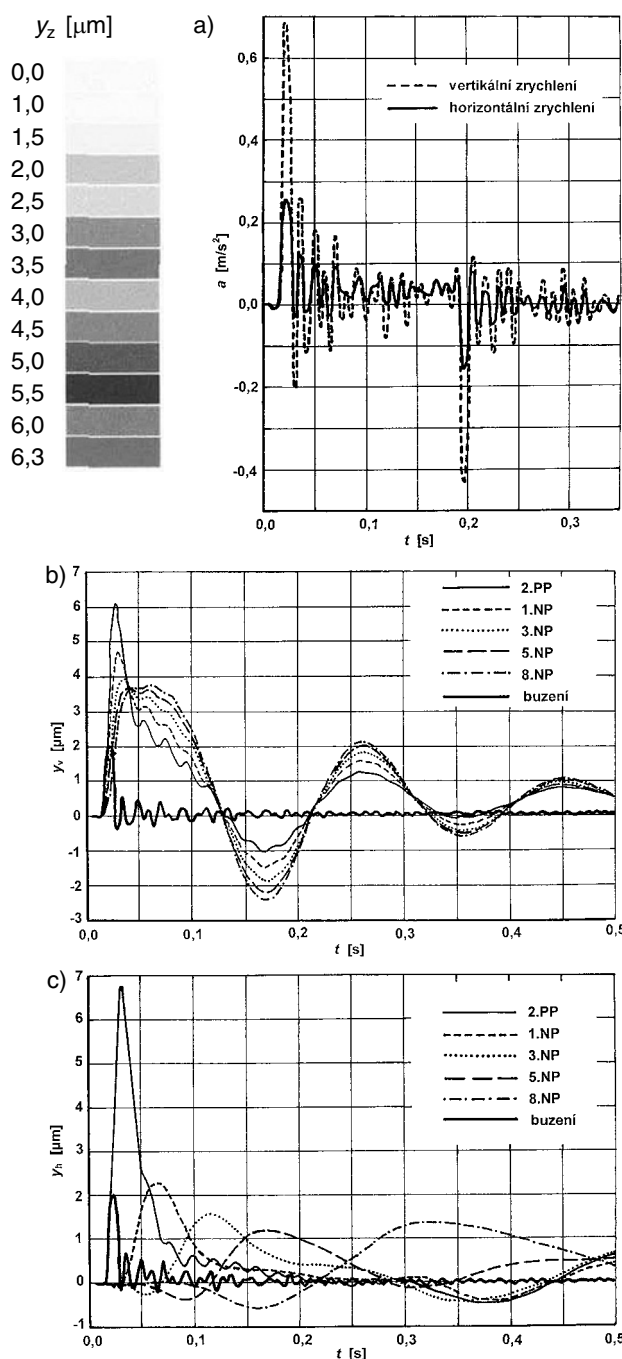
Práce na této problematice byla zčásti podporována firmou AED Praha a dále grantovým projektem č. 103/03/0082 GA ČR „Nelineární odezva konstrukcí při mimořádných zatíženích a zatíženích způsobených pohybem člověka“.

Literatura

- [1] Jacquet, T. – Heiland, D.: Tieffrequente Bauwerksentkopplungen als Schutz gegen Erschütterungen. Gerb Berlin, 2002.
- [2] Kay, H.: Nachträgliche Schwingungsisolierungen von Gebäuden, Spezialtiefbau. TIS 2001, No. 4.



Obr. 8. Maximální dosažené vertikální výchylky ve vybraných podlažích



Obr. 9. Časový průběh buzení a odezvy ve vybraných bodech nad sebou v jednotlivých podlažích (časový průběh buzení je v části obrázku b a c normalizován pro lepší přehlednost na hodnotu 2)

a – naměřený zjednodušený průběh buzení při přejezdu dvou vlaků proti sobě přes rozhraní tunelové podzemní a nadzemní části trasy metra na lince B (Nové Butovice), *b* – vertikální buzení, *c* – horizontální buzení

- [3] Makovička, D. – Král, J. – Studničková, M.: Rozbor účinnosti odpružení kolejiště metra. In: „Dynamika dopravních staveb“, Mariánské Lázně, ČSVTS 1982.
- [4] Makovička, D.: Pružné založení budovy nad tubusem metra. Pozemní stavby, 1983, č. 12, s. 556–559.
- [5] Makovička, D.: Použití dynamických filtrů pro snížení přenosu vibrační základovou půdou do budov. Pozemní stavby, 1986, č. 12, s. 561–565.
- [6] Makovička, D.: Snižování přenosu vibrační konstrukce z okolního prostředí. Inženýrské stavby, 1989, č. 7/8, s. 390–392.

- [7] Makovička, D.: Zatížení stavebních konstrukcí seismickými účinky podpovrchové a povrchové dopravy. Inženýrské stavby, 1991, č. 9, s. 320–322.
- [8] Makovička, D. – Makovička, D. jr.: Foundations of a Building Structure on Rubber Springs. Acta Polytechnica, 1993, No. 1, pp. 67–82.
- [9] Makovička, D.: Analýza skladby vozovky nad halou Hlavního nádraží v Praze. Stavební obzor, 4, 1995, č. 1, s. 11–14.
- [10] Makovička, D. – Makovička, D. jr.: Dynamická analýza budovy nemocnice pro zřízení heliportu na její střeše. Stavební obzor, 10, 2001, č. 4, s. 97–100.

- [11] Makovička, D. – Makovička, D. jr.: Odezva konstrukcí na účinky technické seismicity. In: „Betonové konstrukce v extrémních podmínkách“, Česká betonářská společnost, Praha, 2004, s. 139–147.
- [12] Makovička, D. – Makovička, D. jr.: Dynamic Response of Building From Groundborne Vibration Loading. In: Zolotarev, I. – Poživilová, A.: Engineering Mechanics 2004, Inst. of Thermomechanics Ac. of Sci. of CR, 2004, pp. 175–176 + 10 pp. on CD.

Makovička, D. – Makovička, D. jr.: Insulation of Buildings against Excessive Vibrations from the Operation of the Underground

Building structures situated above the underground or in its vicinity are loaded by vibrations which are not usually dangerous for them. However, the vibrations may be excessive from the point of view of the user of the building, whether it is residential, or used as a place for sensitive equipment. This paper reports on the analysis of the signal spreading from the underground through subsoil, the insulation methods and a prognosis of the vibrations of the building at the level of individual storeys. A method of rubber utilization for reducing excessive vibrations is explained in an example of a residential building.

Makovička, D. – Makovička, D. jr.: Dämmung von Bauwerken gegen übermäßige Vibrationen aus dem U-Bahn-Betrieb

Bauwerke über der U-Bahn oder in deren Nähe sind durch Vibrationen gefährdet, die in der Regel für sie ungefährlich sind. Die Erschütterungen können jedoch für die Nutzer eines Objektes übermäßig sein, sei es nun, dass es sich um Wohnräume oder um installierte empfindliche Anlagen handelt. Der Beitrag behandelt die Analyse eines sich von der U-Bahn durch den Untergrund ausbreitenden Signals, die Arten der Dämmung und die Prognose der Vibrationen des Objektes in den einzelnen Geschossebenen. Die Art und Weise des Einsatzes von Gummi zur Einschränkung übermäßiger Vibrationen wird am Beispiel eines Wohnhauses erläutert.

Stavební obzor na CD

Ročníky

2002, 2003 a 2004

ve formátu pdf si lze objednat u distributora,
popř. v redakci našeho časopisu

Cena:

1 ročník na CD
včetně krabičky a přebalu 400 Kč
poštovné + balné (dobírka) 100 Kč

Objednávky:

Ing. Milan Gattringer, MG DTP, Borovanská 3388,
143 00 Praha 4, tel./fax: 241 770 220,
e-mail: mgdtp@volny.cz

● zprávy

Nové muzeum hudby

Národní muzeum získalo pro novou expozici Českého muzea hudby prostory barokního chrámu sv. Máří Magdaleny v Karmelitské ulici na pražské Malé Straně, postaveném v 17. století podle projektu Francesca Carattiho. Kostel byl po zrušení dominikánského kláštera v roce 1783 postupně přestavován. Sloužil mimo jiné jako pošta, četnická kasárna a archiv. Rekonstrukce objektů probíhala ve dvou etapách od listopadu roku 2001 do října loňského roku. Investorem projektu bylo Ministerstvo kultury ČR, provozovatelem bude Národní muzeum. Náročnou rekonstrukci za zhruba 177 mil. Kč provedla společnost Skanska CZ, divize Pozemní stavitelství.



V rámci oprav byla vyměněna střešní krytina, opravena fasáda, podloubí a dokončeno první patro, aby zde mohla být otevřena expozice hudebních předmětů a pamětihodností. Zachovány byly fragmenty historické výmalby a klasicistní niky pro kamna zdobená festony. Ve třetím patře



v centrálním průčelí jsou stropy malířsky zdobeny, ranné barokní konstrukce jsou doplněny klasicistními prvky. Do cenných prostor se vrátily repasované původní parkety, obnoveny byly štukatérské prvky, kovářská zábradlí a původní kamenná dlažba.

Za vstupním průjezdem se otevírá monumentální prostor bývalé hlavní lodi kostela, nynější dvorana muzea, který je obkroužen ochozy v jednotlivých patrech bočních lodí. Dvorana s bočními prostory bude využívána pro pořádání výstav. Při jižním štítu kostela, v místě bývalého presbytáře, je situován koncertní sál se zázemím pro účinkující. Při středním průčelí se nachází konferenční sál a v bocích, které přiléhají k hlavním lodím, jsou umístěny depozitáře, oddělení ikonografie, knihovny a kanceláře knihovního oddělení. V ostatních prostorách jsou studovny a kanceláře pracovníků muzea. Ve druhém rekonstruovaném objektu jsou pracoviště restaurátorů a sociální zázemí. Nově otevřené muzeum je vybaveno nejmodernější technologií a je srovnatelné se světovými muzei.

– mk –

Tepelné a vlhkostní vlastnosti vápenné omítky s přísadou metakaolinů – 2. část

RNDr. Vratislav TYDLITÁT, CSc.
Ing. Pavel TESÁREK
Ing. Aleš KUNCA
Ing. Lucie FRIEDLOVÁ
prof. Ing. Robert ČERNÝ, DrSc.
ČVUT – Fakulta stavební, Praha

prof. RNDr. Pavla ROVNANÍKOVÁ, CSc.
VUT – Fakulta stavební, Brno

Článek navazuje na dřívější výzkum a popisuje použití dvou druhů metakaolinu jako pucolánových přísad do vápenné omítky a jejich vliv na základní tepelné, mechanické a vlhkostní vlastnosti omítek. Experimentální výsledky ukazují, že metakaolin české výroby je pro použití ve vápenných omítkách výhodnější než britský METASTAR 501, protože zejména mechanické vlastnosti omítek s přísadou domácího metakaolinu jsou výrazně lepší.

Úvod

V předchozích pracích jsme informovali o vývoji omítek s pucolánovými přísadami [1], [2], [3]. Předložená práce navazuje na článek [1] a porovnává metakaolin tuzemského (Sedlecký kaolin, a. s., Božičany) a britského (Imerys, Ltd.) původu. V Čechách se nachází dostatečné množství kaolinu, výchozí suroviny pro výrobu metakaolinu. K již publikovaným vlastnostem vápenné omítky s britským metakaolinem jsou zde uvedeny vedle tepelné technické také mechanické vlastnosti (pevnost v tlaku a v tahu za ohybu) a výsledky zkoušek mrazuvzdornosti omítek s českým metakaolinem. Porovnání obou typů pomůže lépe pochopit jejich účinek a chování ve vápenných omítkách.

Reakce metakaolinu

Chemická analýza vnějších omítek historických budov dokládá často přítomnost sloučenin vytvořených reakcí vápna s pucolánovými složkami [4]–[7]. Podle složení pucolánové příměsi se tvoří látky obdobné hydratačním produktům tvrdnutí portlandského cementu. Byly nalezeny sloučeniny, zvláště zeolitového charakteru, jako např. filipsit $3\text{CaO}\cdot 3\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 10\text{SiO}_2\cdot 12\text{H}_2\text{O}$ a analcim $\text{Na}_2\text{O}\cdot \text{Al}_2\text{O}_3\cdot 4\text{SiO}_2\cdot 2\text{H}_2\text{O}$, ve spojení s mikrokrytalickým kalcitem. Slížková [8] prokázala rentgenovou analýzou v zatvrdlém vápeno-metakaolinovém pojivu strätlingit (hydratovaný gehlenit) $\text{Ca}_2\text{Al}_2\text{SiO}_7\cdot 8\text{H}_2\text{O}$ a portlandit spolu s kalcitem. Přítomnost těchto sloučenin ve struktuře zvyšuje odolnost omítek proti působení vnějšího prostředí, a tedy i trvanlivost.

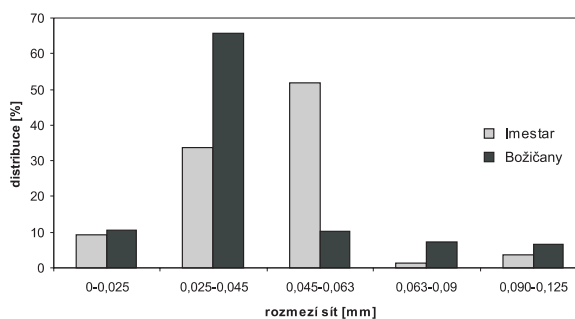
Metody měření

Způsoby stanovení mechanických vlastností jsou popsány v [1]. K určení pevnosti byl použit citlivý zkušební lis FP 100 s rozsahem sil 0–4 až 0–100 kN. Metody pro určení

základních, vlhkostních a tepelných vlastností jsou popsány v [1] a [2]. Zkoušky mrazuvzdornosti byly provedeny postupem stanoveným v ČSN 72 2452. Zkušební tělesa o velikosti $40 \times 40 \times 160$ mm byla po 28 dnech od vyrobení vystavena zmrazovacím cyklům. Zmrazování probíhalo po dobu 6 h při teplotě -18°C v mrazicím boxu, pak byla tělesa vyjmuta a ponechána 2 h volně na vzduchu, a následně zvážena. Dalších 16 h byla polovina těles ponořena ve vodní lázni, druhá polovina ponechána volně na vzduchu při teplotě $20 \pm 2^\circ\text{C}$ a relativní vlhkosti $40 \pm 2\%$. Po vyjmutí z vodní lázně, otření, zvážení byla na 6 h znovu vložena do mrazicího boxu. Po 40 cyklech byla stanovena pevnost v tlaku a tahu za ohybu. Vzorky byly fotograficky dokumentovány a byla určena jejich objemová hmotnost.

Materiály a vzorky

K přípravě obou druhů omítek s metakaolinem byl použit křemenný písek 0–4 mm a vápenný hydrát CL90 (Vápenka Čertovy schody, a. s.). Omítková malta se mísila v poměru vápno : písek : metakaolin : voda 1 : 3 : 1 : 1,5 hmotnostních dílů. Britský metakaolin METASTAR 501 je vyrobený při 600°C , jeho vlastnosti jsou uvedeny v [1]. U českého materiálu, žíháného na $800\text{--}900^\circ\text{C}$, byla zjištěna ztráta sušením 0,6 %, ztráta žíháním 2,6 %, obsah SiO_2 50,8 %, Al_2O_3 40,7 %. Zrnitost obou materiálů je porovnána v obr. 1.



Obr. 1. Distribuce zrnitosti metakaolinů

Tab. 1. Složení omítkových směsí pro zmrazovací cykly

Složka	Vzorek			
	1	2	3	4
vápenný hydrát [g]	300	300	300	300
metakaolin Božičany [g]	300	300	0	0
písek zkušební [g]	900	900	900	900
voda [g]	498	498	300	300
uložení po zmrazování	voda	vzduch	voda	vzduch

Je zřejmé, že český metakaolin má více jemnějších složek mezi zrnky 0,025 a 0,045 mm. Při žhání nad 600 °C nenašla Slížková [8] v produktu rentgenovou difrakční analýzou žádné linie kaolinitu. Velikost, úprava a počty vzorků pro jednotlivá měření byly standardně používány shodně s údaji v [1].

Zmrazovacím cyklům byly podrobeny dva druhy omítky – vápenná omítka a vápenná omítka s metakaolinem z Božičan. Použité suroviny byly stejné jako v předešlých experimentech (tab. 1).

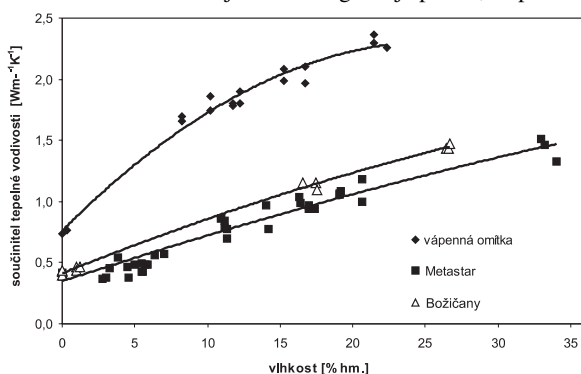
Experimentální výsledky

● Základní vlastnosti

Byly určeny ze vzorků nasycených vodou pod vakuem a vážením suchých vzorků. Objem byl určen pomocí Archimédových vah, dále byla stanovena jejich objemová hmotnost a objemová hmotnost matrice materiálu a otevřená pórovitost (tab. 2). Ze získaných výsledků vyplývá především vliv obou metakaolinů na snížení objemové hmotnosti, což koresponduje s nárůstem hodnot otevřené pórovitosti. Otevřená pórovitost se zvýšila u obou omítek s metakaolinem o 32, resp. 24 % proti srovnávací vápenné omítce.

● Tepelné vlastnosti

Při měření byl sledován vliv vlhkosti na tepelné vlastnosti. Hodnoty součinitele tepelné vodivosti λ [$\text{Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$] v závislosti na vlhkosti ukazuje obr. 2. Z grafu je patrné, že průběh



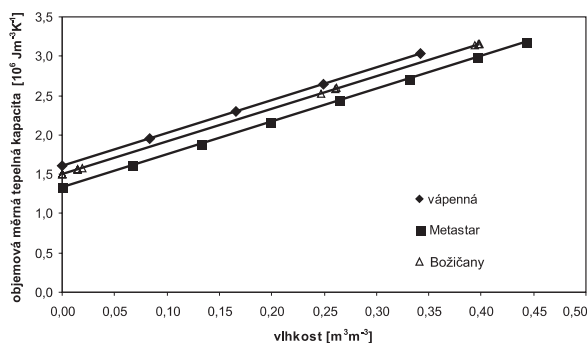
Obr. 2. Porovnání součinitele tepelné vodivosti v závislosti na hmotnostní vlhkosti pro zkoumané omítky

obou křivek pro oba materiály je téměř shodný. Poněkud menší tepelnou vodivost má omítka s metakaolinem Metastar. Objemová měrná tepelná kapacita c_p [$\text{Jm}^{-3}\text{K}^{-1}$] je uvedena na obr. 3. Hodnoty pro suchý materiál byly měřeny přístrojem Isomet 2104 a další hodnoty byly dopočítány pomocí směšovacího pravidla. Nepatrně nižší měrné teplo vykazuje omítka s Metastarem.

Naměřené hodnoty součinitelů teplotní a vlhkoštní délkové roztažnosti jsou uvedeny v tab. 2. Vlivem obou

Tab. 2. Porovnání základních vlastností a roztažnosti

Omítka	Objemová		Otevřená pórovitost [% objemu]	Součinitel délkové roztažnosti	
	hmotnost	hmotnost matrice		teplotní $10^{-6} [\text{K}^{-1}]$	vlhkoštní $10^{-5} [\% \text{ kg/kg}]^{-1}$
	[kgm^{-3}]				
vápenná	1658	2520	34	12,0	3,3
s metakaolinem Metastar	1346	2462	45	6,2	6,1
s metakaolinem Božičany	1490	2650	42	10,3	30,0



Obr. 3. Porovnání objemové měrné tepelné kapacity v závislosti na hmotnostní vlhkosti pro zkoumané omítky

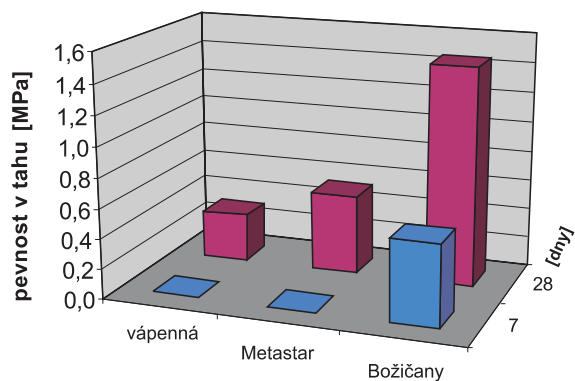
metakaolinů došlo ke snížení hodnot součinitele teplotní roztažnosti v porovnání s vápennou omítkou. Nejlepší vlastnosti měla omítka s Metastarem. Proti vápenné omítce je hodnota tohoto součinitele poloviční, u omítky s metakaolinem z Božičan je o 16 % nižší. Naproti tomu vlhkoštní roztažnost omítek s metakaolinem byla proti vápenné omítce značně vyšší, zvláště u omítky s českým metakaolinem.

● Mechanické vlastnosti

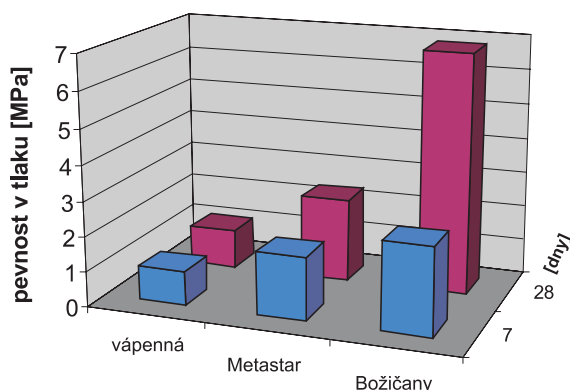
Na vzorcích volně uložených v laboratoři (relativní vlhkost 50 % a průměrná teplota 25 °C) byla po 7 a 28 dnech zjišťována pevnost v tlaku a v tahu za ohybu (obr. 4 a obr. 5). Sedmidenní pevnost v tlaku pro vápennou omítku a omítku s metakaolinem Metastar se neměřila. Z obrázku 4 vyplývá, že výrazně vyšších hodnot pevnosti v tahu za ohybu dosahuje omítka s českým metakaolinem, především v hodnotách po 28 dnech, kde se již výrazně projevil vliv pucolánové reakce. Pevnost v tahu za ohybu se u této omítky zvýšila proti vápenné omítce přibližně pětkrát, proti omítce s metakaolinem Metastar třikrát. Ještě větší rozdíly jsou u pevnosti v tlaku (obr. 5), kde proti vápenné omítce jsou tyto hodnoty přibližně sedmkrát vyšší.

Po zmrazovacích cyklech byly provedeny zkoušky pevnosti v tahu za ohybu a v tlaku. Výsledky pro omítku s českým metakaolinem jsou uvedeny v tab. 3. Pro orientaci je zde uvedena i objemová hmotnost jednotlivých vzorků. Ze získaných výsledků jak pevnostních, tak i vizuálních, je zřejmé, že omítka s metakaolinem z Božičan vykazuje daleko lepší výsledky při zmrazování v porovnání s klasickou vápennou omítkou.

Vzorky vápenné omítky, které byly uloženy ve vodním prostředí a prošly jedním zmrazovacím cyklem, se po jeho ukončení v podstatě rozpadly (obr. 6a). Vzorky volně uložené v laboratorním prostředí vydržely 40 zmrazovacích cyklů a byly na nich provedeny pevnostní zkoušky. Z výsledků je patrné, že na pevnost této omítky po 28 dnech (tab. 3) neměly zmrazovací cykly negativní vliv. Omítky s českým metakaolinem přestály 40 cyklů zmrazování jen s nepatrným poškozením (obr. 6b). Pevnost v porovnání



Obr. 4. Porovnání pevnosti omítek v tahu za ohybu



Obr. 5. Porovnání pevnosti omítek v tlaku

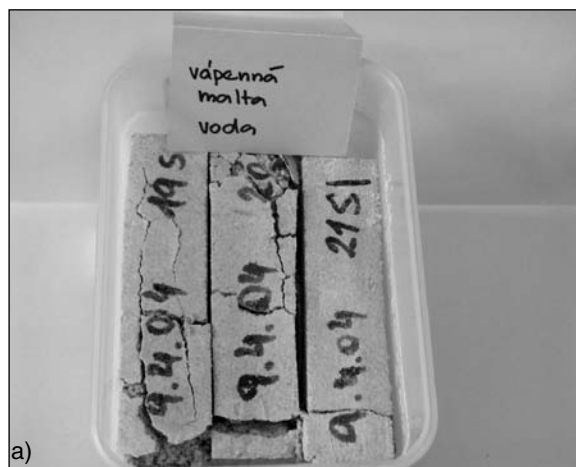
Tab. 3. Pevnost v tahu za ohybu a v tlaku na vzorcích po 40 cyklech zmrazování

Hmotnost [kgm ⁻³]	Pevnost [MPa]		
	v tahu za ohybu	v tlaku	
vápenná omítka			
č. 1 – uložení na vzduchu			
1 689	0,25	1,1	1,1
1 642	0,23	1,1	1,1
1 651	0,24	1,1	1,1
č. 2 – uložení ve vodě			
vzorky se rozpadly			
omítka s metakaolinem Božičany			
č. 1 – uložení na vzduchu			
1 377	0,47	10,5	9,8
1 394	0,61	10,8	10,4
1 415	0,8	11,6	10,6
č. 2 – uložení ve vodě			
1 371	1,47	11,9	11,2
1 376	1,73	11,6	11,1
1 414	1,78	13,3	13,0

s 28denní pevností referenčních vzorků nezmrazovaných je srovnatelná nebo vyšší. Vyšších hodnot bylo dosaženo u vzorků uložených ve vodním prostředí.

● Vlhkostní vlastnosti

Na základě měření nasákovosti v závislosti na čase byly získány hodnoty absorpčního součinitele vlhkosti, z něhož byly poté vypočteny průměrné hodnoty součinitele vlhkost-



Obr. 6. Vápenná omítka – uložení voda
a – po 1. zmrazovacím cyklu,
b – s metakaolinem z Božičan po 40 zmrazovacích cyklech

ní vodivosti (tab. 4). Obsah nasycené vlhkosti byl vypočítán z výsledků sycení omítek vlhkostí po odvědušnění pod vakuem. Výsledky v tab. 4 ukazují, že vápenné omítky s metakaolinem vykazují zvýšenou nasycenou vlhkost. Přesto porovnání s výsledky v obr. 2 ukazuje, že součinitele tepelné vodivosti omítek s metakaolinem jsou při vyšší vlhkosti stále nižší, než má vápenná omítka. Objemová tepelná kapacita je při nasycených vlhkostech blízká pro všechny hodnocené omítky (obr. 3). Získané výsledky měření vlhkostních vlastností dále ukazují, že nižších hodnot součinitele vlhkostní vodivosti dosahuje omítka s metakaolinem Metastar. Vzhledem k vápenné omítce dosahují rozdíly jednoho řádu, u metakaolinu z Božičan je tento rozdíl půl řádu.

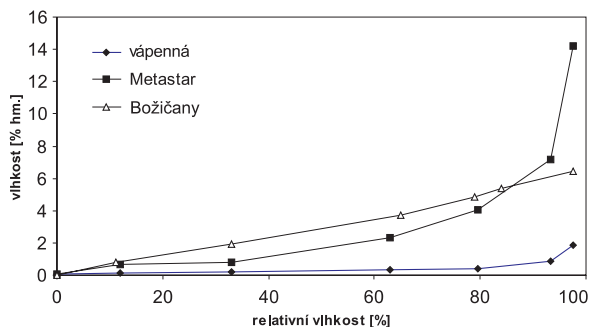
Faktor difúzního odporu, naměřený miskovou metodou, je uveden též v tab. 6. Měření se provádělo v termostatické skříni s vlhkostí 98 %, kde byl v misce umístěn silikagel.

Tab. 4. Vlhkostní vlastnosti

Omítka	Nasycená vlhkost [m ³ m ⁻³]	Součinitel		
		vlhkostní absorpce [kgm ⁻² s ^{-1/2}]	vlhkostní vodivosti [m ² s ⁻¹]	difúzního odporu [-]
vápenná	0,34	0,241	6,86 E-7	15
s metakaolinem Metastar	0,45	0,108	7,64 E-8	18
s metakaolinem Božičany	0,42	0,15	1,3E-07	18

Proti vápenné omítce dosahují obě omítky s metakaolinem nepatrně vyšších hodnot.

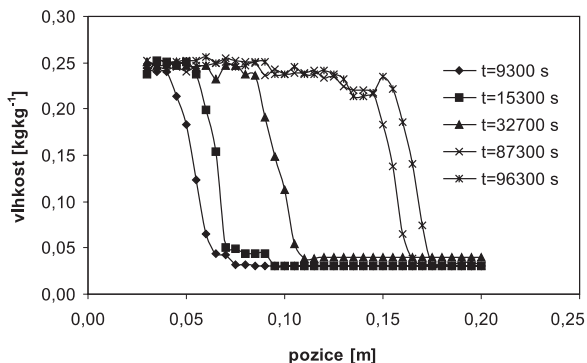
Sledováním hmotnosti vzorků malt při sorpci vodní páry v prostředí s definovanou relativní vlhkostí nad nasyceným roztokem anorganické soli do ustálení byly získány sorpční izotermy pro jednotlivé materiály. Výsledky na obr. 7 ukazují, že omítky s metakaolinem absorbují daleko více vodní páry než vápenná omítka. Průběh sorpční izotermy pro omítku s českým metakaolinem má téměř přímkový



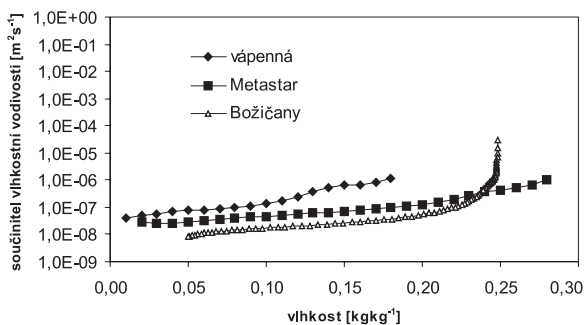
Obr. 7. Porovnání sorpčních izoterm

charakter v rozsahu hygroskopické vlhkosti 0 až 97,5 %. Hodnoty pro omítku s Metastarem jsou nižší do hodnot okolo 80 % r. v., pak se tento průběh mění a vlhkost prudce stoupá.

Vlhkostní profily získané kapacitní metodou pro omítku s českým metakaolinem jsou uvedeny na obr. 8, porovnání součinitele vlhkostní vodivosti κ [m^2s^{-1}] pro všechny tři



Obr. 8. Typické vlhkostní profily pro omítku s metakaolinem z Božičan



Obr. 9. Porovnání součinitelů vlhkostní vodivosti

materiály je uvedeno na obr. 9. V porovnání s vlhkostními profily u omítky s metakaolinem Metastar v první části práce vykazuje omítka s českým metakaolinem výrazný časový posun – zpomalení v postupu vlhkosti vzorkem a rovněž menší nasákavost.

Závislost vlhkostní vodivosti na vlhkosti poskytuje informace o chování materiálu v přímém kontaktu s vodou. Podle

získaných výsledků se nejlépe chová omítka s metakaolinem z Božičan.

Diskuze

Základní vlastnosti vápenné omítky byly při porovnání s omítkami s metakaolinem velice podobné, bylo dosaženo téměř stejných hodnot a efektu. Zvýšila se pórovitost, naopak se snížila objemová hmotnost. Teoreticky by se tyto změny měly projevit nepříznivě na vlhkostních vlastnostech, kladně by měly do jisté míry ovlivnit vlastnosti tepelné.

Experimentální výsledky prokázaly, že tepelné vlastnosti byly vlivem zvýšené otevřené pórovitosti u obou metakaolinů pozitivně ovlivněny. Hodnoty teplotní roztažnosti se působením metakaolinů snížily, u metakaolinu Metastar na poloviční hodnotu.

Primárním jevem, který byl u těchto pucolánových omítek očekáván, bylo zlepšení mechanických vlastností. Osmadvacetidenní pevnost byla v porovnání s naměřenými hodnotami u vápenné omítky jak u metakaolinu Metastar, tak především u metakaolinu z Božičan výrazně lepší. Při hodnocení mrazuvzdornosti vápenných omítek se ukazuje také jako velice výhodné použití metakaolinu.

Součinitel difúzního odporu u vlhkostních vlastností spojených s transportem vodní páry byl u omítek s přísadou metakaolinu nepatrně vyšší. U sorpce a desorpce je obsah vlhkosti nejnižší u vápenné omítky. Došlo tedy ke zhoršení těchto vlastností u omítek s pucolány v porovnání s vápennou omítkou. Při nižší relativní vlhkosti sorbuje poněkud méně omítka s metakaolinem Metastar. Naopak, vůči pronikání kapalné vody se odolnost obou metakaolinových omítek zvýšila, lepších hodnot dosahuje omítka s Metastarem. Vlhkostní profily a součinitel vlhkostní vodivosti ukazují zlepšení u obou pucolánových omítek. Vlhkostní roztažnost byla ovlivněna nepříznivě u obou metakaolinových omítek, značně vyšší hodnoty má omítka s českým metakaolinem.

Závěr

S přihlédnutím k získaným výsledkům se dá hovořit o tom, že z obou materiálů je vhodnější metakaolin z Božičan. U omítky s tímto metakaolinem v porovnání s vápennou omítkou došlo především k velmi výraznému nárůstu pevnosti. Druhotným efektem je zlepšení tepelných vlastností a částečně i vlhkostních vlastností. Omítka s metakaolinem Metastar dosahuje v porovnání s českým metakaolinem lepších výsledků v oblasti tepelných vlastností. Pro doporučení metakaolinu z Božičan jako přísady do maltových omítkových směsí má zásadní význam skutečnost, že jde o domácí surovinu, která je značně levnější.

Článek vznikl za podpory projektu č. 103/02/1081 GA ČR.

Literatura

- [1] Tydlitát, V. – Kunca, A. – Drchalová, J. – Černý, R. – Rovnaníková, P.: Tepelné a vlhkostní vlastnosti vápenné omítky s přísadou metakaolinu. Stavební obzor, **12**, 2003, č. 4, s. 122–125.
- [2] Tydlitát, V. – Kunca, A. – Drchalová, J. – Jiříčková, M. – Černý, R. – Rovnaníková, P.: Mechanické, vlhkostní a tepelné vlastnosti vápenných omítek s pucolánovými přísadami. Stavební obzor, **13**, 2004, č. 4, s. 38–44.
- [3] Černý, R. – Drchalová, J. – Kunca, A. – Tydlitát, V. – Rovnaníková, P.: Thermal and Hygric Properties of Lime Plasters with Pozzolonic Admixtures for Historical Buildings.

- In: Research in Building Physics. Lisse: A. A. Balkema Publisher, 2003, pp. 27–33.
- [4] Hanykýř, V. – Kutzendorf, J.: Technologie keramiky. Praha, Vega 2000.
- [5] Takemoto, K. – Uchikawa, H.: Hydration of Pozzolan Cement. Proceedings of 7th Int. Congress on the Chemistry of Cement, Vol. 1 (Principal Reports), Paris, 1980, pp. iv–2/1–29.
- [6] Baronio, G. – Binda, L.: Study of the Pozzolanicity of Some Bricks and Clays. Construction and Building Materials 11 (1997), 41–46.
- [7] Chabannet et al.: Effectiveness of Metakaolin on the Freezing Resistance of Mortar. Industria Italiana del'Cemento, 3 (2001), 240–249.
- [8] Slížková, Z.: Vývoj směsného hydraulického pojiva na bázi metakaolinu. [Sborník], seminář „Obnova památek 2004 – Omítky historických staveb“. Praha, Axis 2004, 8 s.

Tydlitát, V. – Tesárek, P. – Kunca, A. – Friedlová, L. – Černý, R. – Rovnaníková, P.: Thermal and Moisture Characteristics of Lime Plaster with Metakaolin Additives – Part 2

This paper reports on earlier research and describes the use of two types of metakaolin applied as pozzolan additives in lime plaster. Also, it shows their effect on the basic thermal, mechanical and moisture characteristics of plasters. Experimental results suggest that metakaolin of Czech production is more appropriate for lime plasters than the British METASTAR 501 since especially mechanical characteristics of plasters with metakaolin additives of home production are much better.

Tydlitát, V. – Tesárek, P. – Kunca, A. – Friedlová, L. – Černý, R. – Rovnaníková, P.: Wärme- und Feuchtigkeitseigenschaften von Kalkputz mit Zugabe von Metakaolinen – 2. Teil

Der Artikel knüpft an eine frühere Untersuchung an und beschreibt die Anwendung zweier Arten von Metakaolin als Puzzolanzusätze in Kalkputz und ihren Einfluss auf die grundlegenden, mechanischen und Feuchtigkeitseigenschaften von Putzen. Die experimentellen Ergebnisse weisen nach, dass Metakaolin tschechischer Produktion für den Gebrauch in Kalkputzen günstiger ist als das britische METASTAR 501, weil insbesondere die mechanischen Eigenschaften der Putze mit Zusätzen einheimischen Metakaolins deutlich besser sind.

• zprávy

Avenir Business Park

Společnost Immorent ČR otevřela v Praze první budovu nového administrativního centra Avenir Business Park, jehož je developerem. Zároveň zahájila druhou fázi výstavby komplexu, který bude po svém dokončení v prvním čtvrtletí roku 2006 mít celkem tři budovy. Předpokládané investiční náklady dosahují téměř 1 mld. Kč. V prvním čtvrtletí letošního roku bude v objektu otevřeno Business Services Center Europe softwarového gigantu SAP. Podobná centra již pracují ve Spojených státech, Asii a Německu, kde zajišťují činnosti v oblasti řízení lidských zdrojů, financí a účetnictví pro více lokálních poboček. SAP se rozhodl aplikovat úspěšný model globálně – kromě Evropy ho plánuje zavést také v Indii a Číně.

Avenir Business Park se nachází v Radlické ulici nedaleko stanice metra B „Nové Butovice“, v blízkosti dálnice D5 a nově budovaného městského okruhu. Téměř dvě třetiny celkové plochy pozemku bude zaujímat zeleň. Park, do něhož budou kancelářské budovy zasazeny, má vytvořit motivující pracovní prostředí a pro své okolí bude atraktivnější než zchátralé stavby bývalého opravárenského a skladového areálu. V rámci první fáze výstavby se společ-

nost Immorent podílela na vybudování křižovatky se světelnou signalizací na Radlické ulici a přístupové komunikace k objektu, která slouží také sousedící Střední technické škole hl. m. Prahy.

Stavební řešení budov umožňuje využít vnitřní prostor buď v podobě „open space“, nebo ho rozčlenit na jednotlivé kanceláře, podle firemních zvyklostí a preferencí nájemce. Základní modulační jednotka je 1,35 m, z níž vychází i šířka nejmenší možné kanceláře 2,70 m vhodné pro jednoho pracovníka. Každá taková kancelář má přitom k dispozici vlastní otevíratelné okno, vzduchotechniku, vytápění, chlazení a síťové rozvody. Všechny kancelářské prostory mají dvojitou podlahu, která umožňuje rychlou instalaci síťových rozvodů i jejich pozdější přizpůsobení za provozu. Díky technickým podmínkám je příprava prostor pro nového nájemce rychlá, v případě řešení „open space“ trvá řádově týdny. Zajímavostí jsou elektricky ovládané venkovní žaluzie, které se automaticky spouštějí a otevírají podle intenzity slunečního záření a v létě šetří náklady na chlazení. Podle potřeby je lze ovládat i ručně.



Geodetická měření pro určení svahových sesuvů v lokální prostorové síti Rabenov

doc. Ing. Pavel HÁNEK, CSc.
Ing. Ilona JANŽUROVÁ
Ing. Pavel HÁNEK, jr.
ČVUT – Fakulta stavební
Praha

Příspěvek popisuje geodetická pozemní měření totálními stanicemi vyšší přesnosti a měření dvěma aparaturami GPS různého použití a přesnosti v lokální prostorové síti Rabenov, určené ke sledování posunů diskretních bodů rekultivovaného svahu bývalého povrchového dolu Chabařovice. Článek uvádí výsledky zkoušek a rozborů přesnosti, velikost konkrétních posunů bodů sítě a terénu a doporučení pro další použití.

Charakteristika sítě

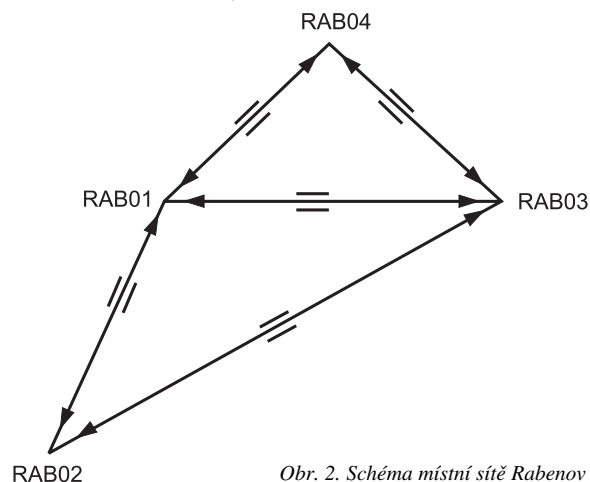
Pro geodetická měření posunů, konaných pracovníky a studenty Katedry speciální geodézie za účasti doktorandů Katedry matematiky a Katedry zdravotního inženýrství Fakulty stavební ČVUT v prostoru sesuvu rekultivovaného svahu vulkanického vrchu Rovný, byla vybudována místní síť Rabenov se čtyřmi vrcholy. Lokalita je součástí bývalého povrchového dolu Chabařovice mezi jeho jihovýchodním okrajem, plavištěm Teplárny Trmice v bývalém lomu Barbora III a dálnicí D8 z Trmic do Řehlovic. Body sítě byly navrženy v součinnosti s geology a geotechniky v místech, kde se předpokládala stabilita polohy. U bodů RAB 01–RAB 03 jde o vrty hloubky 21 m, které zasahují stabilní podloží. Jsou vystrojeny pažnicemi a umožňují měření prostorových deformací též geotechnickými metodami, prováděnými Katedrou geotechniky FSv, která zajistila osazení všech bodů. Ke ztotožnění stanoviskových bodů mezi etapami slouží speciální přípravek vkládaný do vrtu (obr. 1).



Obr. 1. Stanoviskový vrt s centračním přípravkem

Bod RAB 04 je stabilizován nastřelovacím hřebem na betonové patce sloupu zrušeného elektrického vedení. Síť má tvar lichoběžníka, v němž je s ohledem na konfiguraci terénu měřena jen úhlopříčka RAB 01–RAB 03 délky 419 m, ležící zhruba na horizontále na vypuklém zlomu terénu. Převýšení bodů RAB 02 a RAB 04 dosahuje přibližně 65,5 m

na délku 693 m. Body jsou číslovány geodeticky záporným směrem (proti pohybu hodinových ručiček), v dalším textu není v označení používán symbol RAB. Geodetická síť je použitelná i k zapojení geotechnických měření do jednotného souřadnicového systému (obr. 2).



Obr. 2. Schéma místní sítě Rabenov

Stabilizace a volba podrobných bodů

Podrobné (pozorované) body jsou označeny tyčovou ocelí \varnothing 60 mm o délce 1,25 m, zaraženou do terénu. Na horním konci je opatřena závitem (s krycím víčkem), do kterého se při měření vkládá rozměrný speciální přípravek, zajišťující viditelnost i ve vegetačním období vysokých náletových plevelů a dřevin. Body jsou rozmístěny i vně sítě po celém zájmovém území tak, aby charakterizovaly terén a jevy na něm vznikající (obr. 3). Kromě toho byly v terénu instrumentovány vrty pro geotechnická měření, u nichž se přípravkem měří jejich střed.

Pozemní geodetické měření na svahu Rabenov

Pro etapová terestrická měření se souběžně používají dvě totální stanice Leica TC 1700 a jedna TC 1800. Soupravy byly ověřeny podle ČSN ISO 8322. Vybavení a jeho příprava jsou na každém ze stanovisek v každé etapě identické, stativy s horizontovanými a centrovanými podložkami se během měření nepřenášejí. Tím je téměř vyloučen vliv přístrojových systematických chyb. Práce v síti provádějí souběžně tři měřické skupiny. Na bodech 02 a 04, mezi nimiž není přímá viditelnost, je postupně umístěn týž přístroj. Zatím proběhlo měření čtyř etap v časovém rozmezí duben 2003 až duben 2004. V každé z nich byla prostorově zaměřena síť v úplném rozsahu ve dvou skupinách vodorovných směrů s protisměrným měřením zenitových úhlů a šikmých délek se zavedením fyzikálních oprav a konstant hranolů, pro kontrolu je registrováno převýšení. Podrobné body a sondy byly měřeny většinou ze dvou stanovisek

v jedné poloze dalekohledu na zmíněný speciální přípravek, vybavený dvojicí všesměrných hranolů Leica. Známé přesné rozměry přípravku dovolují z vypočtených souřadnic hranolů určit souřadnice (jinak neviditelného) bodu v úrovni terénu, u bodů stabilizovaných tyčí určovat i prostorové změny sklonu její osy.



Obr. 3. Projevy nestability terénu

Vyhodnocení měření v síti

V nulté (základní) a 1. až 3. etapě byly vypočteny úhlové uzávěry v trojúhelnících 01, 03, 02 a 01, 03, 04, které se pohybují v rozmezí $-0,7$ až $+2,7$ mgon. Na jejich základě byla vypočtena empirická střední chyba vodorovného úhlu $s_{\omega} = 0,76$ mgon, která vystihuje vnější přesnost měření, tj. s uvažováním viditelnosti, refrakce, vibrací ovzduší, změn osvětlení a mikrozměn postavení, ovšem bez vlivu centrace. Tato hodnota byla v rozborech použita i pro zenitové úhly. Pro protisměrně měřené délky, převedené příslušnými korekcemi na vodorovné, byla vypočtena střední chyba $s_d = 1,6$ mm, odpovídající údajům výrobce a podmínkám při měření. Hodnota výškového uzávěru uvedených trojúhelníků se pohybuje v intervalu $\pm 14,6$ mm, takže nikdy nebyla překročena teoretická mezní chyba 20,5 mm (v textu je používána pro jednotnost terminologie shodná s [1], [2]).

Souřadnice bodů sítě byly známy v S-JTSK z převzatých starších měření, vztahených k bodům důlního bodového pole. Ukázalo se, že vypočtené úhly a délky se liší (po zavedení oprav z nadmořské výšky, zakřivení a zobrazení) od hodnot přímo měřených v základní etapě. Zejména pro zachování vnitřní přesnosti však byla síť počítána ve vlastní soustavě s počátkem v bodě 01 s osou +X procházející bodem 03. Střední chyby souřadnic stanovisek a parametry elips chyb po vyrovnání kterékoliv etapy jsou uvedeny v tab. 1.

Vypočtený rozdíl souřadnic mezi jednotlivými etapami (1. až 3.) a etapou základní (časový interval od počátku

Tab. 1. Střední chyby a parametry elips chyb

Bod	Střední chyby [mm]			Elipsy chyb	
	s_y	s_x	s_z	a/b [mm]	α [gon]
RAB 02	2,0	2,3	2,5	2,8/1,2	44,8
RAB 03	0,0	1,2	2,1	1,2/0,0	0,0
RAB 04	1,3	1,4	1,9	1,4/1,2	18,3

Tab. 2. Rozdíly souřadnic mezi i-tou a nultou etapou

Rozdíl [mm]	ΔY			ΔX			ΔZ		
	1.-0.	2.-0.	3.-0.	1.-0.	2.-0.	3.-0.	1.-0.	2.-0.	3.-0.
RAB 02	37	37	115	25	-5	-6	-1	-14	-16
RAB 03	0	0	0	0	13	36	1	-51	-66
RAB 04	-3	-15	-7	-14	-18	-9	-1	63*	-15

* hodnota může být ovlivněna paralelními terénními úpravami

měření 57 – 170 – 342 dnů), uvedený v tab. 2, však neodpovídá přesnosti měření v etapě. Lze tedy vyslovit podezření, že vrcholové body sítě nejsou stabilní. Tento závěr potvrdilo např. i podrobné zkoumání vodorovných úhlů v etapách, jejichž změny k základní etapě se pohybují od $-8,6$ do $+8,8$ mgon, a přesahují tedy mezní rozdíl 2,7 mgon, odvozený z průměrné vnitřní přesnosti směru v etapě při volbě součinitele konfidence $u = 2,5$. O posunu svědčí i porovnání vodorovných délek mezi etapami (tab. 3). Mezní rozdíl 5,6 mm je ve většině případů překročen.

Tab. 3. Rozdíly délek v i-té a nulté etapě*

Rozdíl [mm]	Etapa		
	1.-0.	2.-0.	3.-0.
01-02	29	36	106
01-03	10	13	36
01-04	-6	-2	-2
02-03	7	31	89
02-04	2	37	38

* Vyhodnocení další etapy, prováděné v době korektur tohoto článku, prokázalo, že poloha bodu RAB 02 byla ve 3. etapě zatížena hrubou mechanickou závadou centrovací totální stanice. Vnitřní přesnost měření sítě a přesnost určení posunů podrobných bodů tím však není dotčena.

Posun podrobných bodů

Přesnost prostorové polohy podrobných (pozorovaných) bodů a středů sond je popsána vzorci pro polohovou chybu polární metody a pro trigonometrické měření, s uvažováním způsobu zaměření a výpočtu bodů [3]. Průměrná teoretická hodnota hranice prokázанého posunu je 26 mm při součiniteli konfidence 2,5. Vzhledem k nestabilitě stanoviskových bodů byla každá etapa počítána z nových (aktuálních) souřadnic stanovisek. V tabulce 4 je uveden průměrný posun podrobných bodů v souřadnicích, přepočtený na jeden měsíc s tím, že výsledky třetí etapy, zpracovávané v rámci diplomových prací, ještě nejsou k dispozici. Z tabulky je patrné, že největší polohový posun nastává

Tab. 4. Průměrný posun pozorovaných bodů

Posun [mm]	Etapa	
	1.-0.	2.-0.
Y	42	10
X	0	-2
Z	-17	-11

v souřadnicové ose Y , a téměř nulový je v ose X . To lze vysvětlit orientací os, kdy osa Y je téměř shodná se spádnicí terénu a osa X leží na horizontále. Z hodnot je také zřejmé, že během léta došlo ke zpomalení sesuvu a pokračovalo pouze sedání svahu. Pravděpodobně je to způsobeno vysycháním půdy i některých pramenů vody. Předběžné výsledky zpracování třetí etapy naznačují, že posun skutečně kolísá ve vazbě s ročním obdobím. Nutností se však pro tato hodnocení a vzájemná porovnání stává výpočet prostorových souřadnic všech bodů v S-JTSK a Bpv.

Měření GPS na svahu Rabenov

Vzhledem k tomu, že na základě vyhodnocení terestrických měření v síti Rabenov bylo vysloveno podezření na nestabilitu stanoviskových bodů, je třeba lokální síť připojit do geodetického referenčního systému, resp. do velké regionální sítě. Současně byl vysloven požadavek pro nalezení technologie pro rychlé geologické mapování terénních zátrhů, stupňů a deformací povrchu terénu. Jako nejvhodnější varianta se jeví využití měření přístroji GPS [4]. Ve spolupráci s Katedrou mapování FSv jsou používány dvě rozdílné soupravy firmy Trimble pro systém NAVSTAR-GPS, geodetická aparatura 5700 a souprava pro pořizování dat geografických informačních systémů (GIS) GeoExplorer CE.

Ověřování aparatur Trimble 5700 a Trimble GeoExplorer CE

Ověření funkce, a zejména vyhodnocení výsledků měření obou rozdílných aparatur GPS, proběhlo za různých vnějších podmínek s různým nastavením parametrů v roce 2003 ve speciálně vytvořené síti o rozměrech 8×9 km [5]. Přibližné souřadnice středu sítě v systému ETRS-89 jsou $B = 49^{\circ}51'$, $L = 14^{\circ}25'$. Lokalita se nachází v Dobříšské pahorkatině ve Středočeském kraji v trojúhelníku obcí Štěchovice – Masečín – Velká Lečice, asi 20 až 35 km jižně od Prahy. Jde o relativně velmi členitý terén s nadmořskou výškou 272 až 475 m. Měřická síť obsahuje celkem jedenáct bodů, z nichž jeden je stanoviskem referenční stanice. Geodetické údaje devíti trigonometrických a jednoho zhušťovacího bodu byly získány pomocí bezplatné internetové služby DATAZ, kterou zajišťuje Český úřad zeměměřický a katastrální [6]. V textu jsou dále používána pouze vlastní čísla bodů, obsažená v dvanáctimístném kódu. Stanoviskový bod referenční stanice byl nově stabilizován ocelovou tyčí zhruba ve středu sítě a označen R . Určení souřadnic bylo provedeno ze tří měření pomocí aparatury Trimble 5700. Přesnost určení, charakterizovaná střední souřadnicovou chybou $s_{xy} = 10,1$ mm, vyhovuje kritériu pro zřízení zhušťovacího bodu $m_{xy} \leq 20$ mm podle odst. 11.12 vyhlášky [1]. Při měření byly dodrženy požadavky stanovené předpisem [2].

Body v síti byly vybírány i s přihlédnutím k tomu, aby se co nejvíce střídal charakter bezprostředního okolí a bylo možno posoudit vlivy prostředí na průběh a přesnost měření GPS. Velikost a umístění sítě dovoluje předpokládat, že použité bodové pole je homogenní.

Antény přijímačů GPS byly vždy umístěny na stativu a dostředěny nad určený bod. Průměrná výška antény nad terénem byla u referenční stanice 1,5 m, u pohyblivých aparatur 1,7 m. Při měření přístrojem Trimble 5700 se používala rychlá statická metoda. Soupravou GeoExplorer byla zaznamenávána fázová nebo kódová měření, přičemž byl vždy zapnut příjem EGNOS korekcí s nastavením jejich

maximálního stáří 15 s. Měření bylo organizováno tak, aby bylo možné použít data z referenční stanice, tvořené jednou z aparatur Trimble 5700, i pro postprocesní vyhodnocení měření přístrojem GeoExplorer. Měření probíhalo po dobu šesti dnů na přelomu září a října 2003. Obě aparatury byly po celou dobu měření omezeny nastavením maximálního PDOP (Position Dilution of Precision) na hodnotu šest.

■ Výsledky Trimble 5700

Různé nastavení parametrů aparatury Trimble 5700 před jednotlivými seancemi nemělo na přesnost vyhodnocení bodu prokazatelný vliv. Změna nastavení elevačního úhlu z původních 15° na 13° společně se zkrácením času měření při viditelnosti šesti a více družic z 10 na 8 minut se naopak prokázala jako příznivá. Díky této změně došlo k celkovému zkrácení doby pobytu na některých bodech sítě. Jako vhodné nastavení intervalu záznamu se jeví nastavení 5 s u obou receiverů nebo 1 s u receiveru na referenční stanici a 5 s u pohyblivého přijímače. Aparatura dosáhla výborných výsledků i na bodech, jejichž okolí není pro měření ideální. Obecně se dá říci, že u použitých antén nemělo prostředí na přesnost výsledku rozhodující vliv. Hodnoty středních souřadnicových chyb s_{xy} jsou uvedeny v tab. 5.

Tab. 5. Hodnota s_{xy} bodů – Trimble 5700

Bod	4	9	34	40	42	62	64	65	65.1	212
s_{xy} [mm]	19	9,8	5,3	7,3	21,0	15	11,0	9,4	38	7,1

Pro body 4, 9, 34, 40, 62, 64, 65, 212 byla splněna podmínka maximální střední souřadnicové chyby 0,02 m pro přesnost zřízení zhušťovacího bodu podle [1] při dosažené kvadratické průměrné chybě 0,011 m. Hodnota dosažená na bodě 42 překročila kritérium velmi těsně. Nejméně příznivé souřadnicové chyby bylo dosaženo na bodě 65.1, který by mohl být podle odst. 11.12 [1] použit jako tzv. ostatní bod podrobného polohového bodového pole s charakteristikou $m_{xy} = 0,06$ m. Výrazně odlišnou hodnotu chyby pravděpodobně ovlivnil malý počet pozorovaných družic (čtyři), způsobený zřejmě jednostranným zastíněním antény vzrostlým lesem, a to i přesto, že hodnota PDOP se na bodě po dobu měření pochybovala od 2,0 do 3,9.

Porovnání průměrných souřadnic z měření GPS se souřadnicemi S-JTSK z geodetických údajů vede k závěru o dobré shodě. Průměrný rozdíl: $\delta_Y = 0,03$ m, $\delta_X = 0,02$ m a $\delta_Z = 0,07$ m. Přesnost určení výšek bodu je charakterizována hodnotou střední chyby 35,3 mm ($n = 55$), pro kterou však v citované vyhlášce [1] není stanoveno kritérium. Opět se potvrdilo, že určení výšek je méně přesné než určení polohy.

Na základě dosažených výsledků lze prohlásit, že Trimble 5700 přesností odpovídá požadavkům pro tvorbu, obnovu a zhušťování podrobného polohového bodového pole, a je tedy vhodný pro všechny práce, u nichž je polohová přesnost diskretních bodů terénu posuzována podle stejných nebo mírnějších kritérií, např. odvozených z hranice průkaznosti posunu (změny polohy) v etapových měřeních.

■ Výsledky Trimble GeoExplorer CE

Hodnoty dosažené přístrojem GeoExplorer byly porovnávány v několika celcích. Jedním z nich je výpočet bez zavedení korekcí z referenční stanice, druhým výpočet po zavedení diferenčních korekcí. Oba soubory jsou vyhodnoceny jednak pro všechna měření společně, jednak pro fázové a kódové měření odděleně.

Výpočet bez zavedení korekcí

Na základě porovnání charakteristik přesnosti určení souřadnic bodu sítě v obou celcích můžeme odvodit, že fázové měření dosáhlo lepších výsledků v otevřeném terénu, proti tomu kódové měření vykazuje přesnější určení souřadnic na bodech se zhoršeným příjmem. Výjimku tvoří body 34 a 212, u nichž je přesnost střední metod opačná.

Měření aparaturou GeoExplorer Ce se zapnutým příjmem signálu EGNOS, ale bez využití referenční stanice, se dá výhodně použít pro vyhledání měřických bodů. Tento způsob měření je rovněž vhodný pro účelová mapování přibližně pro měřítko 1 : 5 000 a menší, u nichž se neklade příliš velký důraz na přesnost určení výškových poměrů. V tabulce 6 jsou uvedeny střední souřadnicové chyby s_{xy} měření bez zavedení korekcí. Průměrný rozdíl v souřadnici při porovnání se souřadnicemi uvedenými v geodetických údajích je $\delta_Y = 0,86$ m, $\delta_X = 0,71$ m a $\delta_Z = 0,96$ m.

Výpočet s postprocesním zavedením korekcí

Pro toto vyhodnocení byla k měřickým souborům, zpracovávaným v předchozím odstavci, přidána data z referenční stanice R stejná jako u měření přístrojem Trimble 5700. Neproblematické vyhodnocení na počítači prokázalo vzájemnou kompatibilitu obou parametry odlišných souprav GPS téhož výrobce. Střední souřadnicové chyby měření s_{xy} po postprocesním zpracování jsou uvedeny v tab. 7. Průměrný rozdíl v souřadnici při porovnání se souřadnicemi uvedenými v geodetických údajích $\delta_Y = 0,37$ m, $\delta_X = 0,62$ m a $\delta_Z = 2,66$ m.

Porovnáním dojdeme k závěru, že kódové měření je přesnější v šesti případech z deseti. Při porovnání číselných velikostí středních souřadnicových chyb v souboru měřených bodů nižších hodnot dosahují výsledky fázového měření, jejichž rozptyl je 0,33 až 1,07 m, kdežto rozptyl kódového měření je 0,18 až 1,82 m. Na webových stránkách firmy Geotronics byla dodatečně nalezena informace, že minimální délka observace při postprocesním fázovém zpracování je 10 minut pro dosažení maximální přesnosti 0,3 m. Uplatnění přístroje je i v tomto případě především v účelovém mapování. Pokud platí výše uvedený údaj o přesnosti, za stanovených podmínek by se mohl přístroj používat např. pro mapování již od měřítko 1 : 2 000. Je však třeba uvážit, zda by byla tato metoda ještě ekonomicky výhodná. Při rozhodování je podstatná možnost jednoznačné identifikace bodů měřených objektů (geologických rozhraní, terénních zátrhů atd.), viditelnost při měření totální stanicí atd.

Tab. 6. Hodnota středních souřadnicových chyb bodů bez korekce – GeoExplorer CE

Měření	Bod										
	R	4	9	34	40	42	62	64	65	65.1	212
	s_{xy} [m]										
kódové i fázové	1,68	1,50	0,96	1,59	0,70	0,59	1,05	1,05	0,78	1,14	1,98
kódové	1,58	1,18	1,05	1,51	0,82	0,51	0,81	0,91	0,79	1,22	1,53
fázové	2,03	2,13	0,73	1,09	0,14	0,46	1,02	1,57	0,73	1,24	2,57

Tab. 7. Hodnota středních souřadnicových chyb bodů s korekcí – GeoExplorer CE

Měření	Bod										
	4	9	34	40	42	62	64	65	65.1	212	
	s_{xy} [m]										
kódové i fázové	0,81	0,57	0,76	0,62	0,46	1,00	1,08	0,81	0,80	0,41	
kódové	1,12	0,87	0,45	0,84	0,42	0,58	1,01	0,46	1,82	0,18	
fázové	0,68	0,35	0,73	0,49	0,53	0,87	1,07	0,93	0,33	0,54	

Vzájemné porovnání obou uvedených způsobů vyhodnocení, tedy bez korekcí a s postprocesním zpracováním, dokazuje, že zavedení pseudovzdálenosti na základě oprav z lokální referenční stanice zpřesňuje výsledek v poloze, ale zhoršuje výškovou složku. Pokud rozdíl v poloze budeme považovat za významný, potom i pro tento jednodušší a levnější přístroj je výhodné používat vlastní referenční stanici.

■ Aplikace GPS v lokální síti Rabenov

Prvotním úkolem měření GPS bude zajištění transformace (Helmertovy transformace) mezi jednotlivými etapami měření sítě prováděnými totálními stanicemi. Výsledky zkoušek prokázaly, že pro tento účel je vhodná aparatura Trimble 5700. V přípravné etapě bylo vyhledáno devět trigonometrických bodů, z nichž při rekognoskaci byly vybrány a ověřeny dva ve vzdálenosti do 3 km od lokality při zachování přijatelné dostupnosti bodu po celý rok. V rámci měření sítě, jehož základní etapa již proběhla v červenci 2004, je vždy nově určován blízký pomocný bod. Ten se dále používá jako stanovisko referenční stanice při měření podrobných bodů. Projekt předpokládá určování jejich posunů aparaturou Trimble 5700 při použití metody RTK (Real Time Kinematic) s následným porovnáním se současně prováděným terestrickým měřením.

Pro geologické mapování celého svahu se jako velmi vhodná vzhledem k terénu, podmínkám a velikosti zátrhů a stupňů jeví možnost využití aparatury GeoExplorer CE, která svou přesností pro takový účel vyhovuje. Základní měření se již uskutečnilo.

Text byl zpracován s podporou projektu č. 103/02/1166 GA ČR „Výzkum a verifikace metod sledování sva-hových pohybů“.

Literatura

- [1] ČÚZK: Vyhláška č. 190/1996 Sb., kterou se provádí zákon č. 265/1992 Sb., o zápisech vlastnických a jiných věcných práv k nemovitostem, ve znění zákona č. 210/1993 Sb. a zákona č. 90/1996 Sb., a zákon č. 344/1992 Sb., o katastru nemovitostí České republiky (katastrální zákon), ve znění zákona č. 89/1996 Sb., ve znění pozdějších předpisů.
- [2] ČÚZK: Pravidla ČÚZK pro přejímání a hodnocení výsledků měření bodů podrobného polohového bodového pole a podrobných bodů technologií GPS ze dne 20.1.2004 č. j. 5896/2003-22.

[3] Charvát, T.: Místní prostorová síť pro měření svahových posunů. [Diplomová práce], Praha, ČVUT 2003.

[4] Hánek, P. jr.: Použití GPS v projektu měření rekultivovaných svahů. [Digitální sborník], 11. konference Společnosti důlních měřičů a geologů, Velké Karlovice 2004, soubor 06.

[5] Hánek, P.: Využití kombinace dat aparatury GPS řady TRIMBLE 5700 a aparatury GeoExplorer. [Diplomová práce], Praha, ČVUT 2003.

[6] Český úřad zeměměřický a katastrální, <http://dataz.cuzk.cz>

Hánek, P. – Janžurová, I. – Hánek, P. jr.: Geodetical Measurements for Slope Slide Determination in the Rabenov Local Spatial Network

This article describes ground geodetical measurements with total stations of higher accuracy, and measurements with two GPS systems. They have been applied for the monitoring of the movements of discreet points of a reclaimed slope of a former surface mine in Chabařovice. The article presents results of tests and accuracy analyses, the magnitude of specific points of the network and the ground, and recommendations for further use.

Hánek, P. – Janžurová, I. – Hánek, P. jr.: Geodätische Messungen zur Bestimmung von Böschungsverschiebungen im lokalen räumlichen Netz Rabenov

Der Beitrag beschreibt geodätische Landvermessungen mit Totalstationen höherer Präzision und Messungen mit zwei GPS-Apparaturen verschiedener Anwendung und Genauigkeit im lokalen räumlichen Netz Rabenov, die zur Beobachtung der Verschiebungen diskreter Punkte einer rekultivierten Böschung des ehemaligen Tagebaus Chabařovice bestimmt sind. Es werden gleichfalls Ergebnisse von Prüfungen und Genauigkeitsanalysen, die Größe der konkreten Verschiebungen der Netzpunkte und des Geländes angeführt sowie Empfehlungen für die weitere Anwendung gegeben.

● zprávy

Železniční mosty nad Seifertovou ulicí dokončeny

Správa železniční dopravní cesty počátkem prosince slavnostně předala jako investor do plného provozu nově zrekonstruovaný železniční most Praha–Seifertova ulice. Při rekonstrukci přemostění, které realizovaly společnosti Stavby silnic a železnic, a Skanska ŽS, se podařilo výrazně zkrátit termíny dokončení jednotlivých částí stavby, takže tramvajový provoz byl zahájen o tři měsíce a automobilový o dva měsíce dříve, než předpokládal původní harmonogram. Plný vlakový provoz byl zahájen v den zahájení platnosti nového grafikonu vlakové dopravy.

Přestavbu železničních mostů nad Seifertovou ulicí vyvolal havarijný stav původních mostů. Šest ocelových konstrukcí z konce 19. století bylo v nevyhovujícím stavu a nebylo možné je používat bez dopravních omezení pro veškerou vlakovou dopravu na jedno z nejvýznamnějších pražských nádraží. Proto bylo rozhodnuto, že se původní ocelové konstrukce nahradí novým mostem, moderním, s průběžným šterkovým ložem a moderními parametry tratě. Tímto řešením se jednak zvýšila propustnost zhlaví železniční stanice, jednak snížila hlučnost v centru metropole, zvýšil komfort jízdní dráhy pro vlaky a v neposlední řadě zlepšil provoz pod mostem v Seifertově ulici, která byla podstatně rozšířena se současným zvýšením podjezdné výšky na 4,2 m.

Nový most je ocelobetonová konstrukce, tvořená 73 ocelobetonovými ocelovými nosíky proměnné výšky. Stojí

na zcela nových opěrách, které jsou založeny na velko průměrových pilotách průměru 900 a 1 200 mm. Hloubka pilot je od 4 do 12 m až na skalní podklad. Na mostě bylo zřízeno průběžné šterkové lože s pružným upevněním kolejnic (výrazné snížení hluku proti ocelovým mostům). Nejsložitější bylo zahlubování Seifertovy ulice až o 1,5 m, které

vyvolalo nutnost přeložit a zahlubit veškeré inženýrské sítě v prostoru stavby. O existenci mnohých z nich se stavbaři dozvěděli až po otevření výkopu, neboť mnohdy chyběla jakákoli dokumentace. Překážkami, které bylo nutné před zahájením jak první, tak druhé etapy překonat, byla účelová odvolání různých občanských iniciativ a sdružení. Naproti tomu se podařilo hladce vyřešit při uzavření provozu pod mostem odklon automobilové dopravy okolo budovy Rádia Svobodná Evropa.

Po hlavní prohlídce mostů a úspěšných zatěžovacích zkouškách vydal Drážní úřad Praha souhlas s uvedením stavby mostů a nového kolejíště do provozu. Tím skončila úspěšně jedna

z velmi náročných dopravních staveb v centru Prahy přinášející vylepšení jak v železniční, tak v pouliční dopravě. Nově vybudovaný most výrazně zlepšuje dopravní situaci v inkriminované oblasti centra Prahy a rozhodně zlepšuje kvalitu vlakového spojení z pražského Hlavního nádraží.

– mk –



Jednoduché potlačení vlivu vad objektivu neměřických komor

*Dr. Ing. Karel PAVELKA
Ing. Martin ŠTRONER, PhD.
ČVUT – Fakulta stavební
Praha*

V článku je popsán jednoduchý způsob výpočtu koeficientů pro potlačení vlivu radiální distorze využitelný zejména pro opravu snímků z neměřických digitálních komor, vytvořený software a využití postupu v praxi.

Úvod

V oblasti velmi blízké fotogrammetrie se pro jednoduché úlohy stále častěji využívají digitální neměřické komory. Jejich rozlišení za posledních několik let významně vzrostlo a několikanásobně se zvětšilo [1]. I nejlevnější digitální fotoaparáty mají rozlišení kolem 2 Mpx (megapixelů), kvalitnější pak 4 až 8 Mpx. Je ovšem nutno si uvědomit, že kvalitu obrazu u digitálního fotoaparátu nedělá jen rozlišení použitého senzoru CCD nebo CMOS, ale zejména kvalita použitého objektivu. Nelze proto jednoznačně říci, jaká rozlišovací schopnost v megapixelech je plnohodnotná např. klasickému analogovému formátu 24 × 35 mm, protože záleží na dalších technických charakteristikách obou porovnávaných přístrojů. U porovnatelných přístrojů je stejné kvality zobrazení dosaženo pro kinofilmový formát kolem 5 Mpx [2], [3]. Existuje však i řada záznamových zařízení, která mají výrazně nižší rozlišení, a přesto je lze použít pro některé speciální fotogrammetrické aplikace – např. videokamery nebo technické kamery pro záznam obrazu. U těchto zařízení je běžné rozlišení od stovek tisíc pixelů až po 1 Mpx.

Obecně lze říci, že limitujícím faktorem použití pro fotogrammetrii není jen rozlišovací schopnost, ale zejména kvalita zobrazení neboli souhrn optických vad použitého objektivu. Naprostá většina objektivů není určena pro fotogrammetrické využití a vyznačuje se velmi výrazným zkreslením obrazu ke stranám, které nemusí být pro amatérské potřeby na závadu. U řady zařízení je objektiv ještě vybaven členem „zoom“, který je užitečný při praktickém a běžném používání záznamového zařízení, z hlediska geometrie obrazu však způsobuje nedefinovatelné a proměnlivé deformace obrazu. U zařízení pro monitorování prostoru (např. technické kamery) je hlavním požadavkem velmi široký záběr na úkor zejména geometrické kvality obrazu.

Všechny uvedené problémy výrazně ztěžují nebo i znemožňují využití těchto zařízení pro měřické účely. Vzhledem k cenovým i technickým možnostem je však jejich využití žádoucí [4], [5], [6], proto je třeba pro jednoduché měřické aplikace vliv některých vad potlačit. Základní a nejzávažnější je geometrická deformace obrazu, která zároveň obsahuje současné působení několika typů geometrických vad optiky. Pro jednoduché účely není podstatné jednotlivé typy odlišovat a samostatně se jimi zabývat, ale celkově zlepšit geometrickou kvalitu obrazu jednoduchým způsobem, který by přitom geometrickou kvalitu výrazně zlepšil.

Kalibrace komor

Fotografickou komoru – fotoaparát – definují pro fotogrammetrické účely prvky vnitřní orientace. Jde o konstantu komory f , polohu hlavního bodu x_0, y_0 a znalost průběhu distorze objektivu. Tyto parametry umožňují rekonstruovat paprskový svazek uvnitř komory z fotografického záznamu a jsou pro měřické účely nezbytné [1], [3]. Fotogrammetrické komory jsou konstrukčně přizpůsobeny požadavkům stálého kvalitního optického zobrazení.

Definovat při výrazných změnách optického systému („zoom“, přestřování) konstantu komory bývá obtížné, proto se při využití neměřických komor ve fotogrammetrii používá základní polohy objektivu po zapnutí přístroje a ručního ostření (pokud to aparát umožňuje). V jiném případě by se musely určovat parametry vnitřní orientace pro každý snímek zvlášť.

Postup, který určuje prvky vnitřní orientace, se nazývá kalibrace komory [1], [3]. Při tomto postupu se určuje:

- konstanta komory,
- poloha hlavního snímkového bodu,
- radiální a symetrické zkreslení,
- tangenciální a asymetrické zkreslení,
- afinita a nekolmost os souřadnicového systému,
- další přídavné parametry.

Vzhledem k tomu, že obecně se předpokládá dlouhodobá stabilita prvků vnitřní orientace u měřických komor, je kalibrační postup určen zejména pro neměřické komory a digitální fotoaparáty. Kalibraci je nutno provádět cyklicky, protože u těchto přístrojů není dlouhodobá stálost zajištěna.

Kalibrační postupy lze rozdělit na tři základní způsoby, charakterizované referenčním objektem, popř. místem a časem okamžiku kalibrace:

- laboratorní kalibrace,
- simultánní kalibrace (v rámci projektu),
- kalibrace pomocí testovacího pole.

První dva typy vyžadují buď speciální laboratoř, nebo speciální software, a nejsou zcela běžné. Poslední typ – kalibrace pomocí testovacího pole – je proti tomu hojně rozšířen v různých modifikacích. Tento postup je využit i v předkládaném textu.

Testovacím polem se myslí dostatečně rozsáhlé pole signalizovaných bodů, jejichž geodetické souřadnice jsou známy s vysokou přesností předem. Zkonstruovat můžeme testovací pole rovinné nebo prostorové; obecně prostorové pole dává lepší výsledky, neboť nedochází běžně k výrazné korelaci mezi jednotlivými prvky. Na druhou stranu, jeho konstrukce, potřeba většího prostoru, a zejména údržba, tento druh testovacího pole znevýhodňují pro jednodušší aplikace. Z těchto důvodů se velmi často používá jen rovinné testovací pole.

Pro rovinné pole se používá více šikmých snímků testovacího pole. Minimální počet snímků se řídí dostupností a uspořádáním bodů pole a také požadavky software, použitého při postupu (např. Photomodeler).

V některých speciálních případech není možno pořídit vhodné záběry (např. je-li kamera pevně umístěna nebo je součástí nějakého zařízení). V následujícím textu je popsáno

použití jediného snímku rovinného testovacího pole pro potlačení vad objektivu. Práce se opírá o spolupráci pracovišť FSv ČVUT, konkrétně Laboratoře fotogrammetrie (Katedra mapování a kartografie) s Katedrou speciální geodézie, která probíhá již delší dobu [11].

Matematický základ výpočtu

Vliv distorze (zkreslení) na snímkové souřadnice lze jednoduchým způsobem vyjádřit pomocí rovnic (1) a (2), které popisují pouze radiální distorzi. Ta bývá největší složkou distorze u neměřických komor a u objektivů obecně.

$$x_b = x_d - R' \cdot (x_d - x_0), \quad (1)$$

$$y_b = y_d - R' \cdot (y_d - y_0), \quad (2)$$

$$R' = R'(x_d, y_d, r(x_d, y_d)) = k_0 \cdot r^2 + k_1 \cdot r^4 + k_2 \cdot r^6, \quad (3)$$

$$r(x_d, y_d) = \sqrt{(x_d - x_0)^2 + (y_d - y_0)^2}. \quad (4)$$

Ve vzorcích (1), (2), (3), (4) jsou x_d, y_d souřadnice zatížené distorzi, x_b, y_b souřadnice bez vlivu distorze, x_0, y_0 souřadnice hlavního snímkového bodu (vzhledem k povaze opravy z distorze stejné ve snímku ovlivněném s_d i neovlivněném s_b distorzi) a k_0, k_1, k_2 koeficienty radiální distorze. Pro využití uvedených vzorců k výpočtu koeficientů popisujících distorzi by však bylo nutno znát ideální snímkové souřadnice.

Pokud jsou známy souřadnice vřícovacích bodů v rovině kalibrační matice, lze při libovolné pozici pořízení snímku vypočítat kolineární transformaci vyjádřenou vzorcem

$$x = \frac{a \cdot X + b \cdot Y + c}{g \cdot X + h \cdot Y + 1}, \quad (5)$$

$$y = \frac{d \cdot X + e \cdot Y + f}{g \cdot X + h \cdot Y + 1}, \quad (6)$$

kde x, y jsou snímkové souřadnice, X, Y souřadnice bodů kalibrační matice, a, b až h koeficienty transformace. Takto definovaný vztah mezi snímkovými souřadnicemi a souřadnicemi kalibrační matice lze doplnit o korekci vlivu radiální distorze podle vzorců (1) a (2), čím se získají vztahy

$$x_d - R'(x_d - x_0) = \frac{ax + by + c}{gx + hy + 1}, \quad (7)$$

$$y_d - R'(y_d - y_0) = \frac{dx + ey + f}{gx + hy + 1}. \quad (8)$$

Při výpočtu takto definované transformace souřadnice kalibrační matice mohou mít jakýkoli rozměr či mít libovolně otočenou souřadnou soustavu. Celkem je v rovnicích osm neznámých. Pro získání využitelných výsledků je třeba použít větší počet vřícovacích bodů a koeficienty určovat vyrovnáním metodou nejmenších čtverců.

Pro výpočet koeficientů sestavil druhý z autorů článku program K3, který ze vstupujících snímkových souřadnic a souřadnic matice vypočítá koeficienty popisující radiální distorzi k_0, k_1, k_2 . Různé navazující programy mají různé definice zavedení radiální distorze do výpočtu, pokud s ní vůbec pracují. Proto sestavil i program Exdistorzer, který opraví takto vyjádřenou vadu přímo v datech snímku, a pak je již možné se snímkem pracovat v libovolném programu.

Oprava snímku vyžaduje pro jednotlivé pixely nového snímku, nezatíženého distorzi, v původním snímku zatíženém vlivem distorze vyhledat odpovídající body. Základem opravy je inverze rovnic vlivu radiální distorze (1) a (2), jejímž výsledkem jsou vztahy

$$x_d = x_b - R' \cdot (x_d - x_0), \quad (9)$$

$$y_d = y_b - R' \cdot (y_d - y_0). \quad (10)$$

V těchto vzorcích souřadnice x_d, y_d vystupují nejen na levé straně, ale také na straně pravé v závorce a v členu R' , viz (3) a (4). Lze předpokládat, že velikost opravy $R'(x_d - x_0)$ bude proti $(x_d - x_0)$ malá, a tedy jednoduchým iteračním postupem podle (11) a (12) se lze dopočítat k cílovým hodnotám

$$\begin{aligned} 0. \quad x_d &= x_b + R'(x_b, y_b) \cdot (x_b - x_0), \\ 1. \quad x_d &= x_b + R'(x_b, y_b) \cdot (x_b - x_0), \\ &\vdots \end{aligned} \quad (11)$$

$$\begin{aligned} n. \quad x_d &= x_b + R'(x_b, y_b) \cdot (x_b - x_0), \\ 0. \quad y_d &= y_b + R'(x_b, y_b) \cdot (y_b - y_0), \\ 1. \quad y_d &= y_b + R'(x_b, y_b) \cdot (y_b - y_0), \\ &\vdots \end{aligned} \quad (12)$$

$$n. \quad y_d = y_b + R'(x_b, y_b) \cdot (y_b - y_0).$$

Výpočet lze zastavit, pokud se $\text{abs}(x_d - x_b) < \text{TOL}$, (resp. pro y), typicky lze zvolit $\text{TOL} = 0,05$ px. Při použití reálných hodnot distorze z neměřického digitálního fotoaparátu se výpočet pod hranici takto zvolené dostal po pěti iteracích.

Celkovým výsledkem výpočtu jsou pixelové souřadnice v obraze, které však mají obecně podobu reálných čísel, a tedy je nelze převzít přímo. Je nutno vybrat či vypočítat složky barvy RGB. Nejjednodušší možností je metoda nejbližšího souseda (nearest neighbour) neboli prostě zaokrouhlení vypočítaných souřadnic. Pokud se metoda nejbližšího souseda nepoužije, bod vždy padne do čtveřice bodů, které mají celé (integer) souřadnice. Tyto body lze označit jako LH, PH, LD, PD (levý horní, pravý horní, levý dolní, pravá dolní).

Jednou z dalších možností výpočtu je interpolace mezi sousedními (bilinéární) body definovaná postupně vzorcem (14) až (16) pro červenou (R), pro další barvy jsou vzorce analogické. Odvození je zjednodušeno faktem, že mezi sousedními body (pixely) je souřadnicový rozdíl vždy 1. Výsledkem odvození je vzorec (17). Označení pro body vyinterpolované mezi levým a pravým bodem je BD v dolní a BH v horní řadě:

$$R_{BH} = R_{LH} + (R_{PH} - R_{LH}) \cdot (x_b - x_{LH}), \quad (14)$$

$$R_{BD} = R_{LD} + (R_{PD} - R_{LD}) \cdot (x_b - x_{LD}), \quad (15)$$

$$R_b = R_{BH} + (R_{BD} - R_{BH}) \cdot (y_b - y_{LH}), \quad (16)$$

$$R_b = R_{LH} + (R_{PH} - R_{LH}) \cdot (x_b - x_{LH}) + \quad (17)$$

$$+ [R_{LD} - R_{LH} + (R_{PD} - R_{LD}) \cdot (x_b - x_{LD}) - (R_{PH} - R_{LH}) \cdot (x_b - x_{LH})] \cdot (y_b - y_{LH}),$$

kde R_b je hledaná červená barva pro daný pixel.

Provedení

Pro jednoduché omezení geometrických vad obrazu, získaného digitálním záznamovým zařízením, bylo vytvořeno rovinné kalibrační pole. Volit lze podle úhlu záběru použitého objektivu tisk značek (speciální cíle nebo jednoduché křížky o velikosti ramene cca 5 mm) na formáty A4 až A1. Přesnost zobrazení značek se předpokládá v rámci grafické přesnosti tiskárny nebo plotteru přibližně 0,2 mm. Značky jsou rozmístěny po celé ploše v pravidelném rastru tak, aby byl dostatečně pokryt celý formát snímku (běžně 1 až 5 cm). Zde záleží na vzdálenosti, z jaké záznamové zařízení kvalitně dává ostrý obraz.

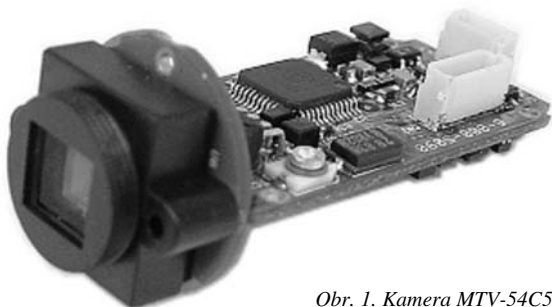
Kvalitní kalibrační postupy předpokládají několik snímků – obvykle čtyři šikmé snímky z jednotlivých stran a pohled

shora. Tento postup do jisté míry odstraňuje nevýhody rovinného pole, jelikož takto jsou jednotlivé kalibrační body vždy různě prostorově vzdáleny. Přesto jsou umístěny v jedné rovině a tento způsob nemůže plnohodnotně nahradit skutečné prostorové kalibrační pole.

Souřadnice jednotlivých bodů kalibračního pole jsou známy (souřadnice pravidelného rastru křížků). Dále je nutno pořídit snímek kalibračního pole pomocí testovaného digitálního snímacího zařízení. V libovolném obrazovém editoru se dále odečtou snímkové souřadnice zobrazených křížků a vytvoří se vstupní soubor pro výpočet distorzních parametrů (obr. 5). Pro jednoduché potlačení vad obrazu jsme použili jediný přibližně kolmý snímek kalibračního pole.

Příklady využití

Cílem celého postupu je zmírnění geometrických vad obrazu neměřických snímacích zařízení tak, aby bylo možno obsah snímku fotogrammetricky vyhodnotit. Tento postup byl vyvinut pro praktický projekt na Pražském hradu. Při restaurování náhrobků knížat Bořivoje II. a Břetislava II. bylo rozhodnuto o provedení průzkumu ostatků uložených cca 1 m pod úroveň dlažby. Po sejmutí poškozených náhrobků byl velmi opatrně rozebrán zásyp, vedoucí až ke krycí desce a uzavírající vlastní prostor hrobky. Oba hroby byly považovány za jediné neprozkoumané přemyslovské hroby. Vlastní poškozené náhrobky však nesou stopy po pokusech o násilné vniknutí do hrobů (stopy po páčidlech) z roku 1757, kdy při obléhání Prahy pruskými vojsky dostal chrám 250 přímých zásahů a sochy na náhrobcích byly poničeny na přímý rozkaz krále Fridricha II.



Obr. 1. Kamera MTV-54C5P

V případě hrobu knížete Břetislava II. bylo po odstranění zásypu a prohlédnutí ostatků konstatováno, že došlo k nedokumentovanému otevření hrobu, naposledy koncem 19. století (svědčí o tom olověná destička s datem). V případě hrobu knížete Bořivoje II. (obr. 3, obr. 4) byla situace jiná, prostor pro ostatky uzavírají dvě ploché značně velké kamenné desky, zapuštěné při zvyšování úrovně podlahy. To znemožnilo otevření hrobu bez velkého zásahu do celého prostoru, a ochránilo tak ostatky před nepovolaným průnikem. Stejná situace nastala i nyní a byl navržen pouze průzkum digitálním miniaturním zařízením, které by prošlo mezerou mezi oběma krycími kameny. K průzkumu byli pozváni specialisté se dvěma typy miniaturních digitálních kamer – XL PRO VideoProbe (Everest-Vit) a MTV-54C5P (Mintron Enterprise Co., Ltd). V obou případech byly získány videosekvence, z nichž byly generovány snímky o rozlišení 768 × 575 px.

VideoProbe XL PRO™ (obr. 2) je speciální průzkumné zařízení (bore scope), používané v technické praxi pro sledování dějů v uzavřených a nedostupných prostorách. Skládá se z ruční sady multifunkčních tlačítek a joistiku,



Obr. 2. Zařízení VideoProbe XL PRO™



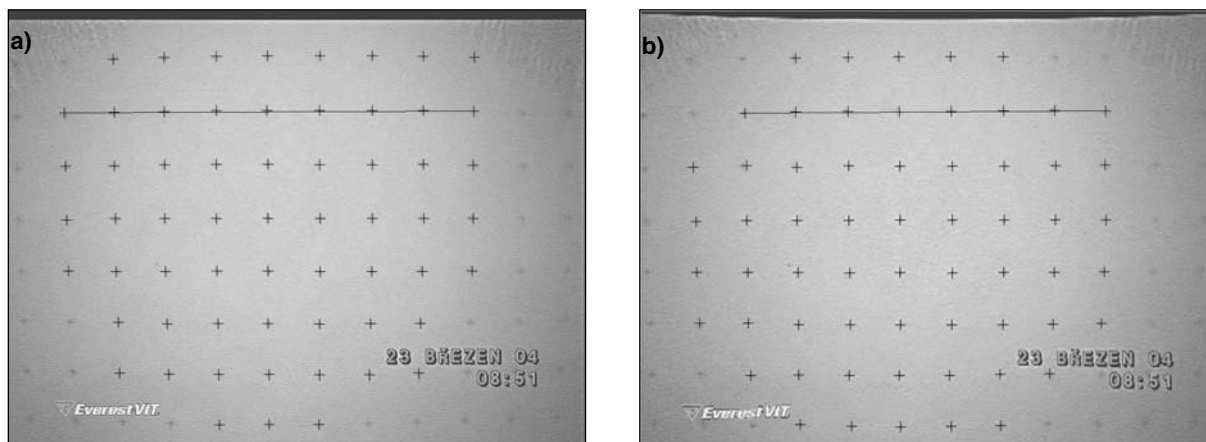
Obr. 3. Průzkum vnitřku hrobu

miniaturní kamery, externího monitoru a záznamového zařízení. Snímací část obsahuje 1/6" barevnou kameru CCD s rozlišením 480 HTV linek S-video (440 000 px PAL). Expozice je možná v intervalu 1/60 až 12 s. Zařízení má sadu výměnných objektivů o průměru 3,9 mm, 5 mm, 6 mm a 8 mm.

Druhým zařízením byla sestava MTV-54C5P (obr. 1). Nedodává se jako souprava, ale prodávají se různé typy



Obr. 4. Sejmutý náhrobek knížete Bořivoje II.

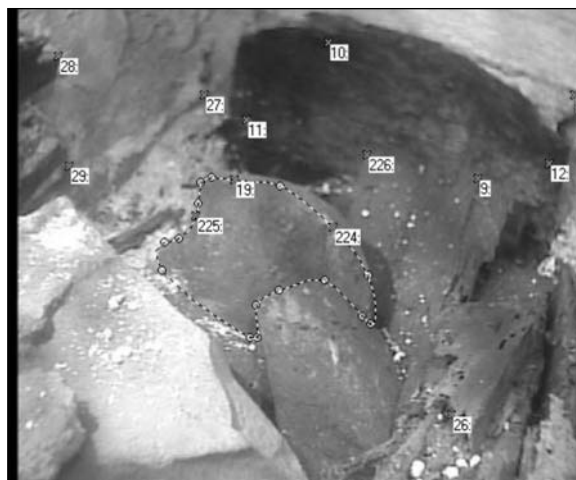
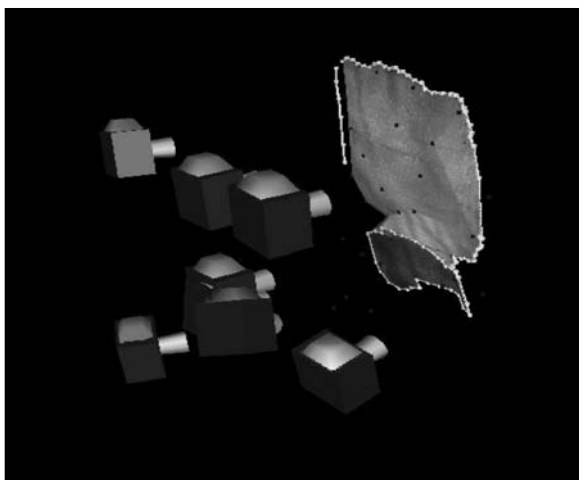


Obr. 5. Snímek kalibračního pole (a) a upravený snímek s potlačeným vlivem distorze obrazu (b)
(oba snímky mají zvýrazněné některé křížky a dokreslenou úsečku pro ilustraci vlivu opravy)

miniaturních kamer, opět je možnost výměny objektivů ($f = 16, 12, 8, 6, 4, 2,5$ mm). Nejčastěji se využívá objektiv s ohniskovou vzdáleností 6 mm. Kamera je umístěna v trubce a obsahuje 1/4" senzor CCD (PAL, 542 (H) \times 586 (V), elektronická uzávěrka 1/50 – 1/120 000 s, skenování obrazu 625 linek, 50 snímků/s). Dodatečně je třeba ke kameře přidat zdroj světla. V tomto případě byl použit malý halogenový zdroj. Videodata jsou ukládána na digitální videorekordér.

Celkem bylo vybráno z videosekvencí asi 200 snímků. Vhodné snímky byly upraveny v software Photoshop

(zaostření, změna kontrastu a odstranění prokládání z videosekvence). Po přípravě a analýze bylo pro vyhodnocení vnitřku hrobu vybráno asi 50 snímků. Využit lze pro tuto činnost řadu programových produktů, nakonec byl zvolen program Photomodeler (obr. 6), který slouží pro bodové nebo liniové vyhodnocení fotografických záznamů z měřicích i neměřicích komor na základě průsekové fotogrammetrie [7], [8], [9], [10]. Jako velký problém se ukázalo nevhodné postavení kamer při snímání – jinou polohu ovšem využítá štěrbinu mezi kameny nedovolovala a snímání hlavně původně nebylo myšleno pro fotogrammetrické

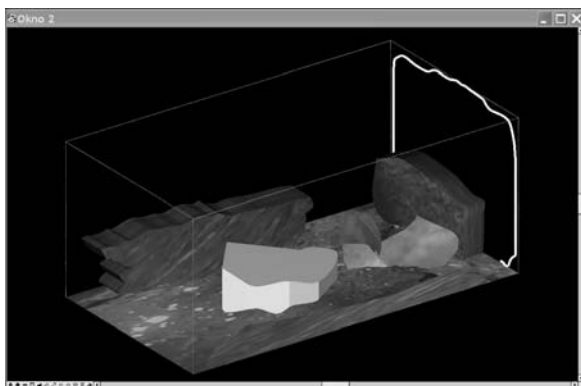


Obr. 6. Originální snímky (nahore) a postup vyhodnocení v software Photomodeler

vyhodnocení, ale pouze pro dokumentaci. Štěrbina umožňovala pohyb kamery mírně do stran a ve svislém směru a dále otáčení kolem svislé osy – pro průřezovou fotogrammetrii je nutno pořídit konvergentní snímky z určité základny. Nebylo možno najednou zavést všechny snímky do výpočtu a vytvořit celkový model s vyrovnáním. Snímky, které byly vhodně konfigurovány a bylo možno vypočítat prostorový model, byly rozděleny na několik sektorů. Po vyhodnocení obsahu snímků byly výsledky spojeny s CAD programem (MicroStation).

Závěr

Článek poukazuje na možnost poměrně jednoduchého potlačení zásadních geometrických vad obrazu ze zařízení, které rozlišovací schopností ani kvalitou obrazu absolutně nejsou určeny pro fotogrammetrii. I přesto je možno takovéto snímky použít pro jednodušší aplikace bez vysokého nároku na přesnost. Výsledky předložené aplikace nejsou nijak oslnivé, ale šlo o první pokus o prostorové vyhodnocení nepřístupného objektu pro archeologické účely (obr. 7).



Obr. 7. Scéna vnitřku hrobky

Pokud by se tato možnost dále využívala, článek ukazuje na postup, který umožní dosáhnout poměrně příznivých výsledků bez speciálního vyhodnocovacího systému.

Doporučený postup:

- výběr vhodné miniaturní kamery s co největším rozlišením;
- kalibrace objektivu před započítím prací;
- vytvoření sady snímků s ohledem na průřezovou fotogrammetrii (dostatečná základna, vhodné úhly protnutí os záběrů, dostatečný překryt jednotlivých snímků a jejich celková návaznost, dostatečný počet snímků – tak, aby každý vyhodnocovaný bod byl identifikován alespoň na třech snímcích);
- oprava vybraných snímků o předem definovanou distorzi obrazu;
- vhodný výběr software pro vyhodnocení (např. PhotoModeler);
- výsledná editace a dotvoření modelu ve vhodném prostředí CAD.

Článek vznikl jako součást řešení projektu č. 205/04/1398 GA ČR „Využití 3D skenerů v geodézii a památkové péči“.

Literatura

- [1] Pavelka, K.: Fotogrammetrie 10. [Učební text], Praha, ČVUT, 1998, 2001, 191 s.
- [2] Pavelka, K. – Hodač, J. – Dolanský, T. – Valentová, M.: Fotogrammetrie 30-digitální metody. Praha, ČVUT, 2001, 179 s.
- [3] Pavelka, K.: a kol.: Fotogrammetrie 10, 20 – praktická cvičení. Praha, ČVUT, 2002, 163 s.
- [4] Musílek, L. – Pavelka, K.: 3D Monuments Documentation Using Close Range Photogrammetry, ISPRS Workshop UM3-99, Tokio, 9/1999, pp. 119–125.
- [5] Čepek, A. – Pavelka, K.: The Establishing of Historical Monuments Database in the Czech Republic, ISPRS Commission V, WG 6. [Proceeding], workshop „Recreating the Past – Visualization and Animation of Cultural Heritage“, Ayutthaya. 2001, Vol. 34, Part 5/W1, pp.153–158.
- [6] Pavelka, K.: Complex Photogrammetric and Architectural Analysis of the Historic Monuments. [Proceeding], CIPA International Symposium, Potsdam, TU Berlin, 9/2001, pp. 475–479.
- [7] Pavelka, K.: Fotogrammetrické zaměření sochy sv. Václava. Zeměměřič, 2000, č. 10, s. 12–14.
- [8] Pavelka, K.: Zaměření klenby kostela Panny Marie a Karla Velikého v Praze Na Karlově metodou blízké fotogrammetrie. Zeměměřič, 2000, č. 11, s. 9–12.
- [9] Pavelka, K.: Using of Digital Photogrammetry for Documentation of Historical Monuments. Workshop ČVUT, CTU Reports, Part B, Vol. 6, 2002, No. 2, pp. 1080–1081.
- [10] Pavelka, K.: Non-Destruction Analysis and Documentation of Wall Paintings by Using of Photogrammetry. Workshop ČVUT, CTU Reports, Part A, Vol. 6, 2002, No. 2, pp. 356–357.
- [11] Pavelka, K. – Štroner, M.: Lineární prostorová transformace. GaKo, 2001, č. 3, s. 233–235.

Pavelka, K. – Štroner, M.: Simple Reduction of Faults of the Lens of Non-Metric Cameras

This article is aimed to describe a simple method of calculating coefficients of reducing effects of radial distortion. This method can be used for the correction of images from non-metric digital cameras. Further, the article describes the software produced and potential applications of this procedure in practice.

Pavelka, K. – Štroner, M.: Einfache Unterdrückung des Einflusses von Mängeln nichtmessender Kammern

Im Beitrag wird ein einfaches Verfahren zur Berechnung der Koeffizienten für die Unterdrückung des Einflusses der radialen Distorsion beschrieben, das insbesondere für die Korrektur von Aufnahmen von nichtmessenden digitalen Kammern verwendbar ist, die geschaffene Software und die Anwendung des Verfahrens in der Praxis beschrieben.

PŘEDPLATNÉ

časopisu Stavební obzor

je možné objednat vyplněním elektronického formuláře na internetu na adrese

<http://web.fsv.cvut.cz/obzor>

● zprávy

Pavilon Indonéská džungle

Na místě bývalého pavilonu opic v pražské zoologické zahradě vyrostla nepřehlédnutelná stavba, která zavede návštěvníky do tropického deštného lesa a mangrovů jihovýchodní Asie. Svůj domov zde naleznou desítky živočišných druhů, nebudou zde chybět orangutani, gibboni, makakové, varani, vydry, veverky, velké ryby a vodní želvy, pávi, krabi, ježurové a také volně létající ptáci. Pro všechny rostliny a živočichy se zhotovitelé snažili vytvořit co nejpřirozenější životní podmínky. V prostředí s teplotou okolo 30 °C a relativní vlhkostí vzduchu 90 % umožňuje technologie i mlžení či tropický déšť.



Tato moderní, architektonicky velmi působivá stavba, která vznikala pod vedením Martina Žáka, se vyznačuje řadou ojedinělých a výjimečných prvků, často s velmi originálními detaily. Expozice se nachází pod skleněnou kopulí ve tvaru vrchlíku elipsoidu, jehož poloosy jsou 40 a 60 m. Kopule je zasazena do svažitého zakřiveného terénu a rovina jejích poloos je rovněž šikmá. Stavba byla poměrně složitá jak ve fázi návrhu, tak během realizace. Vytyčování objektu se provádělo v trojrozměrné souřadnicové síti a tomuto postupu byla podřízena i celá výstavba. Stavba se nalézá na podloží tvořeném skálou a pískem. Základová konstrukce je monolitická bez dilatací. Hydroizolace, které byly v tomto objektu velmi komplikované a náročné, byly provedeny z materiálů REMMERS.

Prosklenou konstrukci nese 25 ocelových příhradových nosníků, na kterých jsou položena izolační dvojskla ve tvaru nepravidelných lichoběžníků, z nichž žádné není stejné. Zajímavý je rovněž fakt, že objednávka jednotlivých skel byla provedena pouze na základě studie počítačového modulu, pomocí narovnání a promítnutí plochy. Přes tuto zdánlivou komplikaci nebyla na velikost skel žádná reklamace. Na spodních sklech je umístěna bezpečnostní fólie. Na polovinu skel byl použit tzv. nalívaný connex, který propouští UV záření, na zbytku je obyčejná fólie, která záření nepropouští. Horní sklo je speciálně kalené, aby se dosáhlo maximální tvrdosti a zabránilo případnému poškození kopule. Největší skla dosahují rozměrů přibližně 2 × 2 m a pro možnost venkovního čištění je střecha navrže-

na jako částečně pochozí. Celé prosklení je v rozsahu 2 200 m².

Příhradová konstrukce je zhotovena z hliníkových profilů, na kterých jsou zavěšeny topné trubky. Profily a trubky zároveň zajišťují odvod kondenzátu přímo k patě konstrukce. Vytápění ve střešní kovové konstrukci působí na pohybovou pohodu zvířat, která necítí chlad od skel. Na nátěr ocelové konstrukce poskytla společnost Skanska záruku třicet let.

Skleněné zastřešení společně s větracími okny, automaticky se otvírajícími pro případ výpadku vzduchotechniky, požáru nebo odvodu kouře, funguje jako celek, který nenásilně celou džungli přikrývá, chrání ji proti vnějším vlivům a pomáhá udržovat tropické klima. Jde pravděpodobně o největší prosklenou kopuli v Evropě.

Prohlídková bezbariérová cesta začíná v kruhové hale, kde se návštěvníci dozvědí užitečné a zajímavé informace o džungli, ale také se mohou zastavit před obrazovkou, která bude v přímém přenosu vysílat první okamžiky mláďat narozených v tomto pavilonu. Dále cesta vede chodbou s expozicemi a průhledy do džungle, vyhlídkovými terasami a jeskyněmi. Přímo uprostřed areálu mohou návštěvníci obdivovat šumící vodopád, kaskádovitě spojená jezírka, tropické stromy a rostliny, ale především volně pobíhající zvěř. Od makaků, orangutanů a jiných opic budou lidé odděleni pouze 3,5 m širokou říčkou. Dále se budou proplétat mezi vzrostlými kořeny jedné z největších soch umělého stromu na světě.



Tento monument, doslova umělecké dílo, vytvořili tři významní čeští umělci – Lukáš Rittstein, Barbora Šlapetová a Michal Gabriel. Autoři, kteří strávili osm měsíců v džungli

Indonésie a Papuy Nové Guineje, vytvořili strom, jehož ocelová konstrukce měří okolo 16 m, váží více než 2 t a vrchní laminátová vrstva mu dodává neuvěřitelně pravdivý vzhled. Další zeleň je zdařilou kombinací živých a umělých rostlin, které přirozeně obrůstají oblé tvary umělých skal. Pro dotvoření celkového dojmu budou v celém prostoru reprodukovány skutečné zvuky deštného pralesa a zvířat v něm žijících.



Jedním z nejdokonalejších technických řešení je systém větrání, vytápění, chlazení a vlhčení, který pracuje nepřetržitě v letním i zimním období. Primárně je pavilon vytápěn plynem, v záloze je připraven topný olej. Chod technických zařízení (otopné soustavy, vzduchotechniky, vodního hospodářství) je plně automatizovaný, tedy funguje i bez lidského dozoru. Čidla umístěná ve stěnách, podlahách i na jiných místech monitorují teplotu a vlhkost a v případě odchylky od správné hodnoty vyvolají regulační odezvu. V celém prostoru je umístěno 62 vyústek, které jsou schopny vyměnit až 30 tis. m³ vzduchu za hodinu. Vytápějí se umělé skály, stěny, podlahy, jezírka, kóje opic, ale i kladiště

pro varany. Systém celoplošného vytápění byl zhotoven z plastového systému teplovodních trubek a doplňků REHAU. Veškeré vytápění, chlazení, ovlhčování a vodní hospodářství vyprojektovala a realizovala královéhradecká firma ENERGIS 92.

Vodní hospodářství se nachází v provozní budově. Zde jsou umístěny úpravní vody, vyrábí se zde déšť a mlžení. Vodní plochy jsou rozděleny do pěti samostatných uzavřených okruhů. Voda prochází nejprve pískovými filtry, a poté filtry biologickými, které odbourávají škodlivé látky z produktů látkové výměny a znečištění od zbytků potravy. Pro likvidaci řas a bakterií jsou okruhy doplněny o UV lampy.

Součástí technického zázemí je kotelná se třemi kotly Wolf (250 kW). Pro provoz v zimním období slouží dva kotly, třetí kotol je osazen jako záloha pro případ poruchy. Za zmínku stojí i chladicí jednotka JDK, která udržuje požadovanou teplotu 28 až 32 °C, zejména v letním období.

Objekt je vybaven moderním požárním zařízením, které při poplachu reaguje, proti vůli zoologů, mohutnou sirénou a automatickým otevřením oken proti udušení zvířat. Stavaři zde byli nuceni respektovat požární požadavky, které sirénu nařizují. Aby se předešlo nenadálým výpadkům elektrické energie a z toho plynoucích provozních problémů, investovalo město Praha 5 mil. Kč do náhradního zdroje Phoenix Zeppelin. Tento generátor automaticky naskakuje čtyři minuty po výpadku elektrického proudu.

Stavba byla zahájena v únoru 2002 a za zhruba třicet měsíců ji postavila Divize Pozemní stavitelství Čechy společnosti Skanska CZ. Investorem projektu je Hlavní město Praha, autorem architektonického návrhu ateliér AND. Stavba se svou celkovou plochou 4 000 m² a také svou komplikovaností řadí mezi největší projekty nejen pražské ZOO, ale i v porovnání s evropskými jen stěží hledá konkurenci.

Tisková informace



WORKSHOP 2005

7. – 11. února 2005

Fakulta stavební ČVUT, Thákurova 7, Praha 6

Tematické okruhy:

matematika – fyzika – informační technologie a automatizační technika – elektrotechnika a přístrojová technika – materiálové inženýrství – mechanika a termodynamika – strojírenství – výrobní systémy, technologie a automatizace technologických procesů – energetika a silnoproudá elektrotechnika – jaderné inženýrství – chemie – biomedicínské inženýrství – stavebnictví – architektura, územní plánování, geodézie a kartografie – doprava, logistika, ekonomika a management

Na semináři budou prezentovány posterovou formou výsledky řešení projektů podpořených v roce 2004 interními granty ČVUT v kategoriích DP – doktorské, IP – iniciační, AP – aplikační a dále výsledky řešení externích grantů a ostatních výzkumných aktivit s předpokládaným následným využitím ve formě nabídky. Formou rozšířené dvoustránkové anotace ve sborníku budou prezentovány výsledky řešení všech vědeckých projektů podpořených interními granty ČVUT v roce 2004 a výsledky řešení všech projektů podpořených externími granty (GA ČR, GA AV, MŠMT, MPO aj.), které končily v tomto roce, výzkumných záměrů a výzkumných center, pro něž je poskytovatelem finančních prostředků MŠMT ČR, a také další významné výsledky dosažené v roce 2004 při řešení výzkumných projektů a tvůrčí technické a umělecké činnosti pracovníků a doktorandů ČVUT. Součástí semináře bude pracovní jednání zaměřené na aktuální problémy vědy, výzkumu a vývoje.

www.worshop.cvut.cz

STAVEBNÍ OBZOR

RO NÍK 14 ÍSLO 02/2005

Navigace v dokumentu

OBSAH

Tichý, M. Riziko – spolehlivost – jakost	33
Lubas, A. – Rotter, T. Posuzování ocelových konstrukcí z hlediska k ehkého lomu	36
Friedlová, L. – Rovnaníková, P. – Tesárek, P. – erný, R. Tepelné a vlhkostní vlastnosti kompozitního materiálu na bázi alkalicky aktivované strusky	40
Kunca, A. – erný, R. – Tydlitát, V. – Rovnaníková, P. Mechanické namáhání vápenných omítek s pucolánovými přísadami vyvolané změnami teploty a vlhkosti	45
Pavlík, Z. – Jiřínková, M. – Rovnaníková, P. – erný, R. Experimentální a počítačová analýza kombinovaného transportu vlhkosti a chloridů v cementové maltě	50
Blažek, R. – Skořepa, Z. Snížení vlivu refrakce na měřené zenitové úhly Sanchezovou metodou	54
Silovský, T. Ověřování přesnosti měření pro měřicí stanice Leica TDA 5005	57

2 • 2005

ročník 14

STAVEBNÍ OBZOR

pozemní stavby
dopravní stavby
vodohospodářské stavby
geotechnika
konstrukce a materiály
technologie
životní prostředí
geodézie a kartografie
mechanizace
informatika
ekonomika
software



Fakulta stavební
ČVUT v Praze



Česká komora autorizovaných
inženýrů a techniků



Český svaz
stavebních inženýrů



Fakulta stavební
VUT v Brně



Fakulta stavební
VŠB TU-Ostrava

OBSAH

Tichý, M.

**Riziko –
– spolehlivost – jakost 33**

Lubas, A. – Rotter, T.

**Posuzování ocelových
konstrukcí z hlediska křehkého
lomu 36**

Friedlová, L. – Rovnaníková, P. –
Tesárek, P. – Černý, R.

**Tepelné a vlhkostní
vlastnosti kompozitního
materiálu na bázi
alkalicky aktivované
strusky 40**

Kunca, A. – Černý, R. – Tydlitát, V. –
Rovnaníková, P.

**Mechanické namáhání
vápenných omítek
s pucolánovými přísadami
vyvolané změnami teploty
a vlhkosti 45**

Pavlík, Z. – Jiříčková, M. –
Rovnaníková, P. – Černý, R.

**Experimentální
a počítačová analýza
kombinovaného transportu
vlhkosti a chloridů
v cementové maltě 50**

Blažek, R. – Skořepa, Z.

**Snížení vlivu refrakce
na měření zenitové
úhly Sanchezovou
metodou 54**

Silovský, T.

**Ověřování
průmyslové stanice
Leica TDA 5005 57**

CONTENTS

Tichý, M.

**Risk –
– Reliability – Quality 33**

Lubas, A. – Rotter, T.

**Maximum Permissible Values
of Stress with Respect to
Brittle Fracture 36**

Friedlová, L. – Rovnaníková, P. –
Tesárek, P. – Černý, R.

**Thermal and Hygric
Properties of a Composite
Material on the Basis
of Alkali Activated
Slag 40**

Kunca, A. – Černý, R. – Tydlitát, V. –
Rovnaníková, P.

**Mechanical Exertion of Lime
Plasters with Pozzolana
Admixtures Caused by
Changes of their Temperature
and Moisture 45**

Pavlík, Z. – Jiříčková, M. –
Rovnaníková, P. – Černý, R.

**Experimental and
Computational Analysis
of Coupled Water and
Chloride Transport
in Cement Mortar 50**

Blažek, R. – Skořepa, Z.

**Reduction of the Effect
of Refraction on the Measured
Zenith Angles Using
the Sanchez Method 54**

Silovský, T.

**Tests of the Industrial Station
of Leica TDA 5005 prior to its
Putting into Operation 57**

INHALT

Tichý, M.

**Risiko –
– Sicherheit – Qualität 33**

Lubas, A. – Rotter, T.

**Feststellung der maximalen
Spannungen mit Rücksicht
auf Sprödbruch 36**

Friedlová, L. – Rovnaníková, P. –
Tesárek, P. – Černý, R.

**Thermische und
Feuchtigkeitseigenschaften
eines Kompositmaterials
auf Basis alkalisch aktivierter
Schlacke 40**

Kunca, A. – Černý, R. – Tydlitát, V. –
Rovnaníková, P.

**Der Einfluss
von Temperatur- und
Feuchtigkeitsspannungen
auf Kalkputze
mit Puzzolanzusätzen 45**

Pavlík, Z. – Jiříčková, M. –
Rovnaníková, P. – Černý, R.

**Experimentelle und
Computeranalyse des
kombinierten Transports
von Feuchtigkeit und Chloriden
im Zementmörtel 50**

Blažek, R. – Skořepa, Z.

**Herabsetzung des Einflusses
der Refraktion auf gemessene
Zenitwinkel mit der Sanchez-
Methode 54**

Silovský, T.

**Prüfungen der Industriestation
Leica TDA 5005 vor ihrer
Inbetriebnahme 57**

REDAKČNÍ RADA

Předseda:

prof. Ing. Jiří STUDNIČKA, DrSc.

Místopředseda:

doc. Ing. Alois MATERNA, CSc.

Členové:

Ing. Miroslav BAJER, CSc.

doc. Ing. Pavel HÁNEK, CSc.

Ing. Jiří HIRŠ, CSc.

doc. Ing. Vladimír JELÍNEK, CSc.

Ing. Jana KORYTÁROVÁ, PhD.

Ing. Karel KUBEČKA

Ing. Petr KUNEŠ, CSc.

doc. Ing. Ladislav LAMBOJ, CSc.

doc. Ing. Ivan MOUDRÝ, CSc.

doc. Ing. Jaroslav NOVÁK, CSc.

doc. Ing. Luděk NOVÁK, CSc.

doc. Ing. Miloslav PAVLÍK, CSc.

prof. Ing. J. PROCHÁZKA, CSc.

Ing. Vlastimír ROJÍK

Ing. Karel SVOBODA

doc. Dr. Ing. Miloslav ŠLEZINGR

Ing. Ludvík VÉBR, CSc.

doc. Ing. Josef VITÁSEK, CSc.

prof. Ing. Jiří WITZANY, DrSc.

Ing. Renata ZDAŘILOVÁ

STAVEBNÍ OBZOR, odborný měsíčník, vydává
Fakulta stavební ČVUT Praha společně s Fakultou
stavební VUT Brno, Fakultou stavební VŠB TU
Ostrava, Českou komorou autorizovaných inženýrů
a techniků činných ve výstavbě a Českým svazem
stavebních inženýrů. Řídí redakční rada, vedoucí
redaktorka Marcela Klímová. Adresa redakce:
Thákurova 7, 166 29 Praha 6, tel./fax: 224 354 596,
klimova@fsv.cvut.cz, http://web.fsv.cvut.cz/obzor.
Vychází každý měsíc kromě července a srpna,
cena za výtisk je 40 Kč včetně DPH (+ poštovné a
balné). Objednávky odběru i reklamace přijímá
Ing. Milan Gattringer, MG DTP, Borovanská 3388, 143 00
Praha 4, tel./fax: 241 770 220, e-mail: mgdtp@volny.cz.
Odběr je možné zrušit až po vyčerpání zaplaceného
předplatného. Inzerce adresujte redakci. Technická
redakce a realizace: Ing. Milan Gattringer. Po-
dávání novinových zásilek povoleno Ředitelstvím
pošt Praha, č. j. NP 144/1994, ze dne 21. 10. 1994. Do
sazby 10. 1. 2005. Nevyžádané rukopisy se nevracejí.

INDEX 47 755, ISSN 1210-4027

STAVEBNÍ OBZOR

ROČNÍK 14

ČÍSLO 2/2005

Riziko – spolehlivost – jakost

prof. Ing. Milík Tichý, DrSc.
ČVUT – Fakulta stavební
Praha

Teorie spolehlivosti je dobře definovaným a uceleným vědním a technickým oborem, o jehož významu v různých technických a ekonomických činnostech není pochyb. Zdá se, že teorie spolehlivosti sama o sobě nenabízí nějaké nové prostory pro zkoumání; je to celkem ve shodě se skutečností – nové práce v tomto oboru nevznikají, neboť matematické zákonitosti teorie spolehlivosti jsou již dobře popsány. Někteří specialisté dokonce považují teorii spolehlivosti za tak ucelenou oblast, že od ní nic dalšího neočekávají nebo spíše nepožadují. V mnohém se dá s takovým konstatováním souhlasit do doby, než se začneme zabývat konkrétní aplikací teorie. Ukazuje se, že v této sféře je situace jiná, existuje mnoho možností vývoje.

se takové nové koncepce nabízejí, byť o nich potenciální zákazník spolehlivostního teoretika většinou dosud neví.

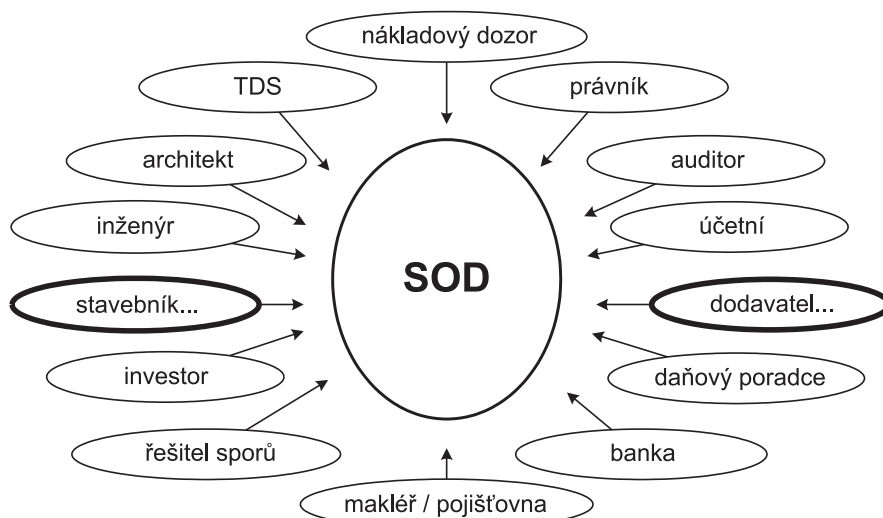
Stavební systémy nelze chápat jako *singulární a stacionární celky*. Obvykle se dnešní spolehlivostní teoretik zabývá jen *stavebním objektem* a jeho nosnými prvky a také zatíženími, kterým je objekt v daném *prostředí* vystaven, ale zcela opomíjí *stavební proces*, během něhož se objekt plánuje, projektuje, realizuje, kontroluje, pronajímá, užívá, udržuje, a nakonec i likviduje. Přitom stavební proces není ničím jiným než *stavebním objektem v čase* – skládá se z nosných i nenosných prvků a působí na něj „zatížení“ z vnějšího prostředí. Rozdíl proti stavebnímu objektu je z teoretického hlediska nepatrný, avšak parametry spolehlivosti stavebního procesu mají zcela jiné vlastnosti než parametry spolehlivosti objektu; především jsou podřízeny jiným podmínkám – nejde o *fyzikální prostředí*, nýbrž o *prostředí ekonomické*. Je však důležité, že parametry obou skupin se dají modelovat v podstatě týmiž matematickými prostředky, a proto lze na spolehlivost stavebních procesů aplikovat zcela obdobné nástroje, jaké se využívají u stavebních objektů, popř. jen u stavebních konstrukcí. V tomto směru se zatím mnoho nevykonalo, ačkoli problém byl již v osmdesátých letech minulého století zčásti formulován [1].

Stavební procesy a systémy

Stavební teorii spolehlivosti (STS) nazývám zcela obecně matematicko–spolehlivostní aparát, který musíme používat při *analýze spolehlivosti stavebních objektů a procesů*. Její rozvoj trval mnohá desetiletí. Zatím se však STS soustředila na oblast *navrhování nosných konstrukcí* a odvozování parametrů potřebných pro *zkoušení jakosti materiálů, prvků nebo konstrukcí*. Práci, které se věnují *stavebním systémům*, není zatím mnoho, a pokud takové jsou, zabývají se *nosnými systémy*, *vystavenými zatížením se silovými, popř. přetvárnými účinky*. I zde proto vzniká dojem ucelenosti STS a jistá stagnace v hledání nových koncepcí. Přitom však

Pojetí stavebního procesu jako izolovaného souhrnu činností trvajících od plánování přes projektování a realizaci až do konce záruční doby za objekt vyplývá z tradiční ohraničenosti inženýrského myšlení. Jakmile se totiž začneme dívat na problémy také z ekonomických hledisek, vyvstanou zcela *nové spekulativní kategorie*. Především zahrneme do stavebního procesu *záměr investora, popř. stavebníka*, budeme přemýšlet o jeho motivech, kterým svůj záměr podřizuje, a budeme-li se stavebním procesem ubírat dále, prodeme složitým dynamickým a nestacionárním prostředím zahrnujícím mnoho *kategorií* – právní, finanční, pojišťovací, organizační, politické a sociální, přírodní a jistě i nějaké další.

Stačí, podíváme-li se na *účastníky smlouvy o dílo na dodávku stavebních prací (obr. 1)*. Smluvní strany jsou pochopitelně jenom dvě – objednatel (stavebník) a zhotovitel (dodavatel), avšak na tvorbu, plnění a údržbu smlouvy má vliv mnoho osob. Pokud se některá opomene a nepřihlédneme-li k technicko-ekonomickým vlastnostem, jež jsou pro ni charakteristické, znamená to, že někde v průběhu procesu *může* (nikoli



Obr. 1. Účastníci smlouvy o dílo na dodávku stavebních prací, kterou uzavírá stavebník s dodavatelem (uspořádání grafu není podstatné)

„musí“) nastat problém s ekonomickým dopadem. Žádná z osob se nesmí podcenit, každá je důležitá, i když některé jsou *primární*, jiné *sekundární*, nebo dokonce *terciární*, nastupující až v *mezních stavech procesu*, ale každá má specifické chování. Dá se snadno říci, že *účastníci tvorby smlouvy o dílo tvoří jakýsi spolehlivostní systém* – mezi účastníky jsou *vazby a vztahy* různé povahy, vyzývající ke spolehlivostnímu vyšetření. Stálo by za námahu.

I když to není na první pohled dosti zřejmé, chování každého účastníka je *zčásti náhodné*, což je nutné respektovat stejným způsobem, jakým respektujeme třeba náhodné chování pevnosti betonu, únosnosti základové půdy nebo náhodné chování nahodilého zatížení. Problém je však v tomto rozšířeném pojmání složitější, neboť se nedá jednoduše abstrahovat do matematických, matematicko-statistických a pravděpodobnostních řešení vyúsťujících do soustavy součinitelů spolehlivosti, do návrhových pravděpodobností poruchy nebo jiných veličin, se kterými se pracuje v teorii i praxi navrhování stavebních konstrukcí. Náhodné chování fyzických a právnických osob není zatím matematicky popsatelné, a musí se tedy volit postupy založené na *expertních analýzách*.

Spolehlivost a jakost

Pohlédneme-li na jednotlivé účastníky stavebního procesu podrobněji, je každý nějakým způsobem spjat s *peněžními toky*, a to buď jako jejich *příjemce*, nebo jako *zdroj*, nebo jako jejich *hodnotitel*, nebo dokonce jako účastník, který o peněžních tocích *rozhoduje*. Chování příjemců, zdrojů, hodnotitelů a rozhodovatelů (nikoli rozhodců – to slovo je vyhrazeno v právním řádu definovaným fyzickým osobám) je vždy zatíženo *náhodnými vlivy*, které se nedají dokonale eliminovat, ale které můžeme ovlivnit obdobnými cestami, jakými ovlivňujeme vlastnosti a chování jevů, jež vstupují do spolehlivostních modelů při analýze konstrukcí. Cesty jsou známy – je to *řízení a zajištění jakosti* (používám pro ně zkratku QA/QC, obvyklou v zahraniční literatuře).

QA/QC se nezabývá pouze hmotnou kontrolou jakosti betonu nebo třeba kontrolou zatížení silničního mostu. Je nutné je chápat obecněji – musí se mu podrobit všechny systémy, které se ve stavebním procesu uplatní, a musí se mu podrobit systém samotný, jako by šlo o jakýkoli jiný spolehlivostní objekt, popř. proces. Musíme tedy řídit činnost všech účastníků procesu tak, aby byly splněny předpoklady, z nichž vycházel investorův/stavebníkův záměr.

Vztah STS a QA/QC je v tomto pohledu dán *cílem*, tj. zajistit optimální výsledek stavebního procesu. *Inženýr jakosti očekává proto od spolehlivostního inženýra informaci, na co se má zaměřit*, tj. především na jaké systémy, jaké jsou náhodné a nenáhodné vlastnosti takových systémů. Systémy mohou být ovšem kvalitativně velice odlišné, např.:

- výroba a zpracování betonové směsi, ošetření betonu a zkoušení vzorků – je to systém, který je dobře znám a byl zaběhnut již dávno před formulací STS; pro jednotlivou stavbu je úkolem najít optimální variantu systému se zřetelem k místním podmínkám;
- realizace přestavby velkoměstské křižovatky s přeložkami inženýrských sítí, napojením na stanici metra – je to nový systém, kde jsou známy některé prvky a vazby, ale většina prvků a vazeb se musí nově vyřešit, dále se musí vyřešit vazby mezi prvky, logistika a mnoho jiných úloh.

První úloha je jednoduchá. Ve stavebních procesech je takových mnoho – spolehlivostní inženýři se v nich pocho-

pitelně neuplatní, leda v obecné poloze, kdy je například nutné stanovit parametry navrhování betonových konstrukcí vyrobených z definovaného betonu, nebo naopak se hledají parametry betonu pro konstrukci definovaných vlastností. Druhý případ je ovšem mnohonásobně složitější, není jednoduše řešitelný, a uplatní se v něm několik specialistů různého zaměření.

Spolehlivost a riziko

Před několika desítkami let se poznalo, že náročné stavění se už neobejde bez náročného řízení jakosti. Dnes navíc poznáváme, že se stavebnictví neobejde bez *managementu rizika*. Ukázalo se totiž, že nelze plýtvat všeobecnými prostředky a že je nutné zajistit peněžní toky proti ztrátám zcela obdobným způsobem, jako se například zajišťuje proti únikům vody vodovodní sítí. Nejde tu pouze o úniky finančních zdrojů způsobené kriminální činností, ale o úniky všeho druhu. Hledají se tedy místa, kde může k úniku zdrojů dojít, dále způsoby, jak se to může stát, a konečně samozřejmě také, jak únikům předejít. Specifickým problémem je v této kategorii ošetření případu, kdy došlo k nepříznivé události a kdy musíme hledat cestu k náhradě škod – jde tedy o přenesení pojistitelných rizik na *pojišťovnu* a nepojistitelných rizik (např. rizika úpadku dodavatele stavebních prací) na *banku nebo jiného ručitele*, anebo na vlastní *rozpočtové rezervy*.

Rozsah příspěvku neumožňuje uvést základní pojmy managementu rizika, ale uvedu jen dvě ze tří otázek, na kterých spočívá dnešní *fenomenologická teorie rizika*:

- (1) Jaká nebezpečí hrozí vyšetřovanému systému a jak se mohou během dané doby realizovat?
- (2) Jaká je pravděpodobnost vzniku nebezpečí během dané doby?

Je nepochybné, že na obě otázky je schopen odpovídat právě a především spolehlivostní inženýr, neboť dovede *definovat spolehlivostní systémy*, které je nutné podrobit vyšetření rizika, a dále dovede *odhadnout pravděpodobnost vzniku poruchy systému*. Nejsou to samozřejmě jednoduché úlohy, ale dnes už není problémem na ně reagovat. Musíme ovšem vzít vždy na vědomí, že výsledky mají povahu odhadů, a to buď *empirických*, nebo *exaktních*. Může se zdát paradoxním hovořit o „exaktním odhadu“ – je to prostě hodnota získaná sice exaktním výpočtem, ale z dat, která nejsou přesná; to je situace zcela běžná, ale málokdy se k ní přihlíží.

Významným okruhem v této skupině jsou úlohy související s *pojišťováním*. Pojišťovny jsou zpravidla schopny pojistit proti takovým pojistným událostem, které jsou dobře popsány, o nichž existují statistické údaje *a priori*, ale zdráhají se pojistit události, které nemají hromadný výskyt nebo alespoň obdobné precedenty. Odmítnout pojištění není ovšem v konkurenčním prostředí rozumné. Analýzou *a posteriori* lze zjistit – za předpokladu, že jsou známa data vstupních veličin matematických modelů – *exaktní odhady pravděpodobnosti výskytu pojistných událostí*, které neměly v minulosti obdoby. Problematika pojištění se přitom netýká již jen pojistných událostí, které běžně známe – havárií, požárů, zemětřesení apod., ale také například pojištění proti prodloužení v dokončení díla, pojištění proti nepříznivému výsledku soudního nebo rozhodčího sporu, jenž byl již zahájen. V Česku zatím takové pojistné produkty nejsou na trhu, ale můžeme očekávat, že se časem objeví.

Pokud matematický a matematicko-statistický aparát není s to pojistnou úlohu vyřešit, ať pro nedostatek výpočetních modelů, nebo pro nedostatek vstupních dat, musí se spolehlivostní inženýr uchýlit k *empirickému odhadu pravdě-*

podobnosti výskytu pojistné události. Využije k tomu jednak svých znalostí teorie spolehlivosti, jednak inženýrského citu, který je dán jeho zkušeností.

V mnoha případech však není možné se spolehnout na inženýrský cit jednotlivce, a odhad je zapotřebí opřít o názor skupiny expertů. V takovém případě nastupuje rizikový analytik, jehož úkolem je určit s pomocí expertů nebezpečí a rizika, jimž je projekt vystaven. Existuje několik základních metod expertní analýzy (FMEA – *Failure Mode and Effect Analysis*, FTA – *Fault Tree Analysis* a jiné), které se dnes již běžně používají; nedávno vznikla obecnější metoda UMRA – *Universal Matrix of Risk Analysis*, kterou lze kombinovat s metodami FMEA, FTA aj. Metoda UMRA zatím nebyla uveřejněna, ale již se použila na několika zajímavých projektech rizikové analýzy v Česku i v zahraničí (nikoli jen výstavbových). Pokud jde o expertní analýzy, je zde velké pole pro spolehlivostní inženýry, neboť je zapotřebí popsat *zákonitosti, kterými se analýzy řídí*, a z nich odvodit jejich vypovídací schopnosti. Na základě expertních analýz se často činí rozhodnutí s obrovským dopadem do peněžních toků. Je to otevřený problém, který se nabízí k řešení. A je tu mnoho příležitostí ke zkoumání.

Riziko a jakost

Pokud je jakýkoli projekt vystaven nebezpečí, a tedy rizikům, lze se s takovou situací vyrovnat:

- eliminací rizik,
- řízením rizik,
- přenesením rizik za úplatu na další osobu (pojišťovnu nebo banku),
- zajištěním jakosti.

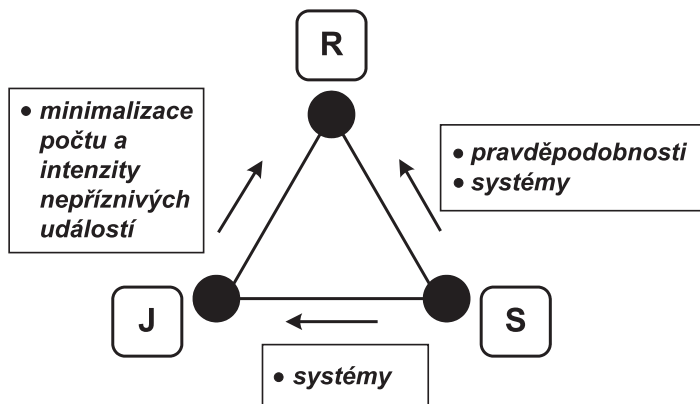
Čtvrtá možnost přijde pravděpodobně obecně nejlevněji. Musíme však mít na mysli, že řízení jakosti ve stavebních procesech nespočívá jen v dosažení rovinnosti omítky, vyhovující pevnosti betonu apod., ale také v zajištění jakostního záměru, jakostního projektování – prostě jakosti všech činností ve stavebním procesu a jejich smluvního zajištění. To se zatím velice podceňuje, a tak se setkáváme s chybnými záměry, s otřesnými smlouvami o dílo, zmatenými projektovými dokumentacemi apod. Z rozhodčích sporů bych mohl uvést mnoho bizarních zkušeností.

Vztah „rizika“ a „jakosti“ je dán tím, že jakostní činnosti na všech úrovních stavebních procesů redukovat významně realizaci nebezpečí, a tedy samozřejmě rizik. Rizikový inženýr spolupracuje s inženýrem jakosti především tím, že upozorňuje na závažnost chybných činností a jejich výsledků.

Trojúhelník na závěr

Vztahy, které jsem se v předcházejícím výkladu pokusil alespoň částečně vysvětlit, lze uspořádat do všeobecně oblíbeného, tvarově určitého obrazce – trojúhelníku (obr. 2). V rámečcích je znázorněn tok informací, směřujících do vrcholu *R*, znázorňujícího management rizika. Tento vrchol je *napojen na finanční kapitál* (ve schématu to už není naznačeno), odkud lze očekávat peněžní tok do vrcholů *S* (spolehlivostní inženýrství) a *J* (inženýrství jakosti).

Hledat pokrok teorie stavební spolehlivosti ve vymýšlení nových a zpřesňování starých součinitelů nebo ve formu-



Obr. 2. Toky informací v trojúhelníku riziko – spolehlivost – jakost

lacích výpočetních modelů, které nepřinášejí nic ekonomicky nového, je v době, kdy existuje latentní zájem o produkty teorie spolehlivosti v nových obytních, jistým přežitkem.

Literatura

- [1] Haas, Š. – Tomajev, B. M. – Beran, V. – Hájek, V.: Spolehlivost stavebního proudu. Studie ČSAV, č. 13. Praha, Academia 1983, 97 s.

Tichý, M.: Risk – Reliability – Quality

Theory of reliability is a well-defined and self-contained science and technical field, the significance of which is essential for a number of technical, as well as economic activities. Nowadays, theory of reliability does not seem to offer any new opportunities for research. On the whole, this fact accords with the reality – this field does not yield new outcomes, as the mathematical relations inherent in the reliability theory have been described sufficiently. Some specialists even consider this theory as so compact that they do not expect or demand anything more from it. Such an approach can be accepted as long as we do not examine a specific application of the theory. The situation appears to be very different then; the development offers numerous possibilities.

Tichý, M.: Risiko – Sicherheit – Qualität

Die Sicherheitstheorie ist ein gut definiertes und vollständiges wissenschaftliches und technisches Fach, über dessen Bedeutung in verschiedenen technischen und ökonomischen Tätigkeiten kein Zweifel besteht. Es scheint, dass die Sicherheitstheorie an sich keine neuen Forschungsbereiche bietet. Das ist völlig in Übereinstimmung mit der Wirklichkeit: Neue Arbeiten in diesem Bereich entstehen nicht, denn die mathematischen Gesetzmäßigkeiten der Sicherheitstheorie sind bereits gut beschrieben worden. Einige Spezialisten betrachten sogar die Sicherheitstheorie als ein solches abgeschlossenes Gebiet, dass sie von ihr nichts Weiteres erwarten oder eher nichts verlangen. Einer solchen Feststellung kann man in vielem zustimmen, solange man sich nicht mit der konkreten Anwendung der Theorie befasst. Es zeigt sich, dass die Lage in dieser Sphäre anders ist. Es gibt viele Entwicklungsmöglichkeiten.

Posuzování ocelových konstrukcí z hlediska křehkého lomu

Ing. Aleš LUBAS, PhD.
doc. Ing. Tomáš ROTTER, CSc.
ČVUT – Fakulta stavební
Praha

Článek popisuje stanovení kritických napětí v pásnici tl. 40 mm z oceli S355J2G3 s příčným tupým svarem typu V z hlediska křehkého lomu. Odhad hodnot maximálních napětí vychází z experimentálně zjištěných hodnot statické a dynamické lomové houževnatosti základního materiálu, svarového kovu a tepelně ovlivněné oblasti při teplotách -35 , -20 a $+20$ °C. Maximální napětí jsou vypočítána z modelu pásnice s poloeliptickou trhlinou pro statické zatížení a zatížení rázem.

Úvod

Ocelové mostní konstrukce se posuzují podle mezních stavů použitelnosti a únosnosti. Jedním z mezních stavů únosnosti je křehký lom. Předpokladem je současné posouzení veličin, na kterých nebezpečí vzniku křehkého lomu závisí. Jde především o houževnatost oceli, napjatost, velikost defektu v ocelovém materiálu, nejnižší provozní teplotu konstrukce, tloušťku materiálu a rychlost zatěžování.

Dřívější normativní ustanovení byla založena na empirických poznatcích a byla formulována pouze obecně. Jediným konkrétním kritériem byl požadavek dostatečné (definované) vrubové houževnatosti použité oceli. Nejnižší provozní teplota konstrukce musela proto ležet nad přechodovou teplotou navrhované oceli. ČSN 73 6205 [1] již uvádí konkrétnější požadavky. Omezuje maximální přípustnou tloušťku konstrukčních prvků v závislosti na druhu použité oceli pro provozní teploty -25 a -35 °C. Hodnoty uvedené v [1] byly stanoveny pro mostní svařované detaily s tahovým napětím (vyvolaným vnějším zatížením) o velikosti $0,5 f_y$ (kde f_y značí mez kluzu oceli), pro detail kategorie únavové pevnosti 56, pro poloeliptickou trhlinu hloubky $0,5 \ln(t)$ (kde t značí tloušťku materiálu), pro tahové napětí (od reziduálních pnutí) o velikosti 100 MPa a za předpokladu podrobné prohlídky stavu detailu po čtvrtině životnosti mostu neboli po 25 letech.

Nově u nás zaváděná evropská předběžná EN 1993-1-10 [2] omezuje maximální tloušťku konstrukčních prvků z hlediska křehkého lomu pro tři různé úrovně napětí od zatížení o velikosti $0,75 f_y$, $0,5 f_y$ a $0,25 f_y$ a pro provozní teplotu od $+10$ do -50 °C. Podmínky, za kterých jsou tyto hodnoty platné, jsou obdobné jako u české normy [1].

Obě citované normy bezpečně omezují největší přípustnou tloušťku ocelového materiálu pro detail kategorie únavové pevnosti 56. Posouzení konstrukce s detaily jiné kategorie lze v současné době provést na základě lomové mechaniky. Principy a vztahy lomové mechaniky jsou známy již delší dobu. Základní veličinou lomové mechaniky pro posouzení konstrukce z hlediska křehkého lomu je lomová houževnatost. Tato veličina závisí na mnoha parametrech, zejména na druhu oceli, směru válcování, geometrii tělesa, jeho tloušťce, působící teplotě a na rychlosti zatěžování. Lomová houževnatost klesá při zvětšující se tloušťce,

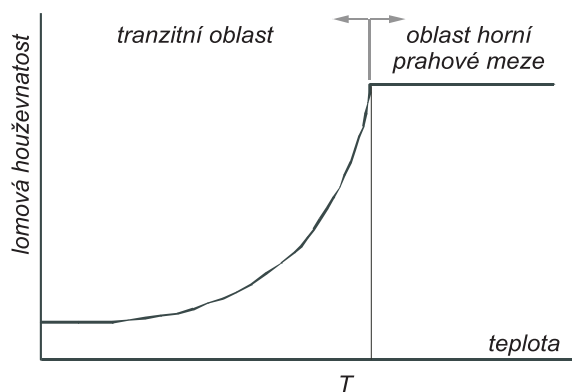
při snižující se teplotě a při zvyšující se rychlosti zatěžování. Hodnota lomové houževnatosti v závislosti na všech výše uvedených parametrech však obecně známa není.

Cílem výzkumu provedeného na Katedře ocelových konstrukcí Fakulty stavební ČVUT v Praze bylo vyšetření lomové houževnatosti oceli běžně používané pro ocelové mosty a pro jeden konstrukční detail, který se vyskytuje na většině ocelových mostů. Konkrétním výstupem tohoto výzkumu je určení kritického napětí v posuzovaném detailu s ohledem na nebezpečí vzniku křehkého lomu. Podrobné zkoumání bylo provedeno pro taženou pásnici tloušťky 40 mm z oceli S355J2G3 s montážním příčným tupým svarem typu V.

Lomová mechanika

Lomová mechanika jako vědní disciplína vznikla koncem první poloviny minulého století. Tehdy došlo k několika velkým katastrofám svařovaných lodí a jiných významných zařízeních v důsledku křehkého lomu konstrukce. Až později bylo zjištěno, že došlo k nepříznivé kombinaci nízké teploty, vlastních pnutí a vad ve svarovém materiálu.

Teoretické základy lomové mechaniky vytvořil Irwin v roce 1953 definicí faktoru intenzity napětí [4], který popisuje napjatost před špicí trhliny v tělese s trhlinou a je základní veličinou pro posouzení stability trhliny. Pokud hodnota faktoru intenzity napětí překročí mezní hodnotu, tzv. lomovou houževnatost, dojde k iniciaci, popř. k nestabilnímu šíření trhliny. Faktor intenzity napětí lze použít pouze u materiálů, které se chovají lineárně elasticky, což platí v případech, že plastická oblast před čelem trhliny je zanedbatelně malá a zásadním způsobem neovlivňuje lokální napjatost v tělese před špicí trhliny. Tímto problémem se zabývá lineární lomová mechanika.



Obr. 1. Závislost lomové houževnatosti na teplotě

U těles s trhlinou, která mají na špicí trhliny zplastizovanou oblast, je nutno použít elasto-plastickou lomovou mechaniku, např. některou z energetických metod. Takovou metodou může být metoda J -integrálu (zavedená v roce 1968 Ricem [4]), kterou lze popsat chování těles i s velkými plastickými oblastmi. Používá se také pro stanovení lomové houževnatosti ocelí v mostních konstrukcích. Na obrázku 1

je uvedena závislost lomové houževnatosti na teplotě. Je zřejmé, že při velmi nízkých teplotách se hodnota lomové houževnatosti zvyšuje jen nepatrně. Plastické deformace před čelem trhliny jsou při této teplotě zanedbatelné a iniciace trhliny vyvolá její okamžité nestabilní šíření, tedy křehký lom. V této oblasti je proto možné použít lineárně elastickou lomovou mechaniku. Za teplot, při kterých se již hodnota lomové houževnatosti výrazně zvyšuje, se vytvářejí před špičící trhliny zanedbatelné plastické deformace a mění se mechanismus iniciace trhliny. Pro vyhodnocení lomové houževnatosti je zde proto nutné používat metodu elasto-plastické lomové mechaniky, např. již zmíněný J -integrál. Tranzitní oblast (*obr. 1*) je omezena přechodovou teplotou T_U , nad kterou se již lomová houževnatost vzhledem k tvárnému mechanismu iniciace trhliny nezvyšuje. V oblasti nad přechodovou teplotou T_U se trhlina šíří stabilně a jde o houževnatý lom. Vyhodnocení experimentálních dat se provádí také na základě elasto-plastické lomové mechaniky, ale navíc speciálním postupem s použitím J - R křivky. Tato křivka představuje extrapoláčnickou metodu, pomocí níž lze stanovit hodnotu lomové houževnatosti v okamžiku počátku iniciace trhliny. Pro vyhodnocení pomocí J - R křivky je však nutný větší počet vzorků než v předcházejících případech.

Cíl experimentu

Cílem bylo zjištění lomové houževnatosti oceli ve zvoleném konstrukčním detailu s použitím metod lomové mechaniky. Jak již bylo uvedeno, šlo o tupý příčný svar na tažené pásnici tloušťky 40 mm z oceli S355J2G3. Jelikož při svařování elektrickým obloukem vzniká velké množství tepla, které ovlivňuje strukturu kovu v těsné blízkosti svaru, je nutné odděleně zkoumat lomovou houževnatost svarového kovu, tepelně ovlivněné oblasti a základního materiálu. Všechny zkoušky na vzorcích z těchto oblastí byly provedeny pro teplotu -35 , -20 a $+20$ °C. Vzhledem k dynamickému namáhání mostních konstrukcí bylo nutno zkoumat nejen statickou lomovou houževnatost K_{IC} , pro kterou je rychlost deformace řádově v mm/min, ale také dynamickou houževnatost K_{ID} s rychlostí deformace v m/s.

Tab. 1. Hodnoty statické lomové houževnatosti J_{IC} , resp. K_{IC}

Oblasti materiálu	Zkušební teplota [°C]	Křivka J - R	J_{IC} [kPa·m]	K_{IC} [MPa·m ^{1/2}]
základní materiál	-35	-	21,6	69,0
	-20	-	38,6	93,9
	+20	+	198,6	214,1
	+60	+	179,1	203,3
svarový kov	-35	-	41,6	96,7
	-20	-	147,3	177,0
	+20	+	504,7	341,3
tepelně ovlivněná zóna	-35	-	60,6	105,4
	-20	-	39,1	94,9
	+20	-	97,9	147,7
	+60	+	210,7	220,5

Experimentální příprava

Prvním krokem experimentální činnosti byla výroba zkušebních vzorků tak, aby odpovídaly vyšetřovanému detailu mostní konstrukce. Z plechu tloušťky 40 mm byly svařeny krátké pásnice tupým svarem tvaru V, provedeným kolmo ke směru válcování plechu. Svary byly provedeny

v renomované mostárně podle technologického listu svařování (WPS). Kvalita provedení svarů byla ohodnocena kategorií B podle ČSN EN 25817 [3].

Ze svařených pásnic byly vyříznuty zkušební vzorky. Pro zkoušku statické lomové houževnatosti měly tvar hranolu o rozměrech 40 × 80 × 300 mm, pro zkoušku dynamické lomové houževnatosti 10 × 10 × 55 mm. Menší rozměr vzorků pro zkoušku dynamické lomové houževnatosti vycházel z technických možností instrumentovaného Charpyho kladiva.

Dalším krokem bylo vytvoření ostrého vrubu v každém vzorku. Strojním opracováním a následně únavovým zatěžováním byla získána únavová trhlina. Velmi ostrý vrub je základní podmínkou pro experimentální vyšetřování lomové houževnatosti.

■ Zkouška statické lomové houževnatosti

Postup zkoušky i její vyhodnocení vycházelo z doporučení normy ISO 12135 [5]. Vzorky byly zatěžovány třibodovým ohybem. Hodnoty statické lomové houževnatosti se při nízkých teplotách pohybovaly výhradně v tranzitní oblasti. Při teplotě $+20$ °C se hodnoty statické lomové houževnatosti již většinou blížily k oblasti horní prahové meze, a proto bylo nutno dodatečně prozkoumat další vzorky ještě při teplotě $+60$ °C, aby bylo dosaženo stejného mechanismu iniciace trhliny.

S ohledem na elasto-plastické chování vyšetřovaného materiálu byl pro stanovení lomové houževnatosti J_{IC} použit J -integrál, jehož principem je záznam energie spotřebované na rozevření trhliny při zatížení vnějšími silami.

Pro usnadnění pozdějšího zpracování byly experimentálně zjištěné hodnoty J_{IC} přepočítány na faktor intenzity napětí K_{IC} vztahem (např. [4])

$$K_{IC} = \sqrt{\frac{J_{IC} \cdot E}{1 - \nu^2}}, \quad (1)$$

kde E je modul pružnosti a ν Poissonova konstanta. Tento vztah se používá při působení rovinné deformace v tělese s trhlinou [4]. Přehled experimentálně získaných hodnot statické lomové houževnatosti J_{IC} je uveden v *tab. 1*. Ze získaných hodnot byly sestrojeny křivky závislosti statické lomové houževnatosti na teplotě (*obr. 3*).

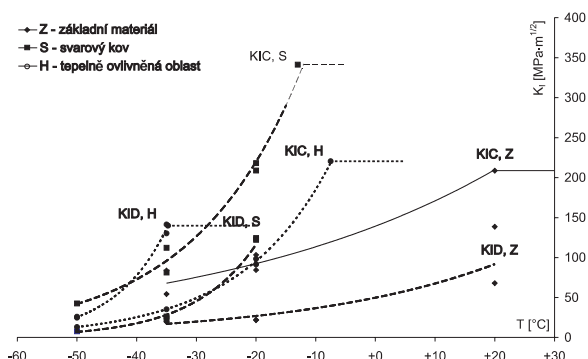
■ Zkouška dynamické lomové houževnatosti

Dynamická lomová houževnatost byla vyšetřována na Charpyho kladivu. Instrumentace spočívala v osazení tenzometru na břit (*obr. 2*) a v zabudování zařízení pro měření dráhy kyvadla. Zkušební vzorky se přerážely rázem v ohybu. Aby nedošlo k tvárné iniciaci v blízkosti horní prahové



Obr. 2. Vystrojení břitu Charpyho kladiva tenzometry

meze, byla teplota snížena na -50 , -35 a -20 °C. Výsledné hodnoty dynamické lomové houževnatosti se potom pohybovaly převážně v tranzitní oblasti. Vyhodnocení dynamické lomové houževnatosti bylo provedeno podle stejného principu jako pro statickou lomovou houževnatost. Přehled experimentálně získaných hodnot dynamické lomové houževnatosti J_{ID} je uveden v tab. 2. Ze získaných hodnot byly sestrojeny křivky závislosti dynamické lomové houževnatosti na teplotě (obr. 3).



Obr. 3. Křivky závislosti K_{IC} a K_{ID} na teplotě T

Shrnutí experimentálních výsledků

Hodnoty lomové houževnatosti J_{IC} a J_{ID} byly přepočítány podle vztahu (1) na faktor intenzity napětí K_{IC} a K_{ID} . Křivky závislosti K_{IC} a K_{ID} na teplotě T jsou uvedeny na obr. 3. Z křivek je patrné, že dynamická lomová houževnatost je většinou nižší než statická lomová houževnatost. Pouze u vzorků z tepelně ovlivněné oblasti leží křivka dynamické lomové houževnatosti výše než křivka statické lomové houževnatosti, a dokonce jsou její některé hodnoty vyšší, než je statická lomová houževnatost svařového kovu. Tento jev je možné vysvětlit strukturálními změnami při svařovacím procesu a vlivem reziduálních pnutí. Pro potvrzení nebo vyvrácení této domněnky by bylo nutné provést více zkoušek.

Kritická napětí v pásnici

Kritické napětí σ_c obecně vyjadřuje maximální nominální napětí, při kterém je v tělese dosaženo kritické velikosti trhliny a_c . V případě, že kritické napětí je vyšší než mez kluzu materiálu f_y , nastávají podmínky pro vznik křehkého lomu.

Pro stanovení kritických napětí v pásnici s trhlinou byl použit Irwinův vztah pro faktor intenzity napětí K_I pro mod I (tahové rozevírání trhliny, viz např. [4]):

$$K_I = \sigma_c \cdot \sqrt{\pi \cdot a_c} \cdot f_I, \quad [\text{MPa} \cdot \text{m}^{1/2}] \quad (2)$$

kde f_I je tvarová funkce příslušející dané geometrii tělesa s trhlinou, a_c je délka trhliny a K_I je faktor intenzity napětí, který odpovídá při označení K_{IC} statické lomové houževnatosti a při označení K_{ID} dynamické lomové houževnatosti. Vyšetřování bylo provedeno pro několik typů pásnic s trhlínami. Pro reálnost tvaru trhliny a její umístění byl zvolen model pásnice s poloeliptickou trhlinou [6], který se jevil jako nejvhodnější pro řešený problém. Parametrickou studií bylo zjištěno, že vliv šířky pásnice na hodnotu kritického napětí je zanedbatelný od hodnoty cca 300 mm.

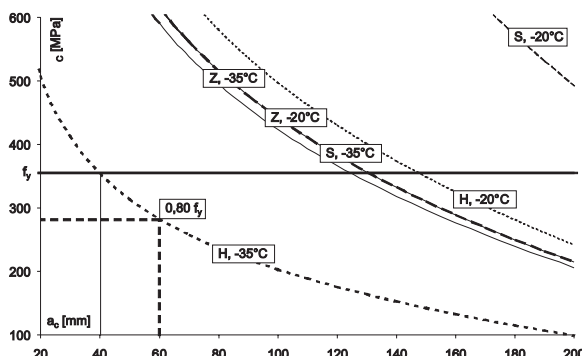
Při statickém namáhání

Parametrickou studií, do které vstupovaly experimentálně získané hodnoty statické lomové houževnatosti, byly

Tab. 2. Hodnoty dynamické lomové houževnatosti J_{ID} , resp. K_{ID}

Oblasti materiálu	Teplota [°C]	J_{ID} [kPa·m]	K_{ID} [MPa·m ^{1/2}]
základní materiál	-35	1,7	19,9
	-20	2,1	21,9
	+20	51,7	103,3
svařový kov	-50	0,3	7,8
	-35	2,8	25,3
	-20	65,8	123,2
tepelně ovlivněná zóna	-50	2,8	25,4
	-35	80,1	135,8
	-20	85,1	139,9

získány křivky závislosti velikosti kritického napětí na délce kritické trhliny pro všechny tři zkoumané materiálové oblasti a pro dvě zkušební teploty. Tyto křivky jsou uvedeny na obr. 4. Graf je rozdělen vodorovnou přímkou, která vyznačuje nominální mez kluzu oceli S355. Je patrné, že nejslabším místem ve zkoumaném detailu je tepelně ovlivněná oblast při teplotě -35 °C.



Obr. 4. Závislost kritických napětí σ_c na velikosti trhliny a_c při statickém zatížení

Uvedený graf lze použít pro posouzení pásnice tloušťky 40 mm z oceli S355J2G3 s tupým příčným svarem tvaru V z hlediska nebezpečí vzniku křehkého lomu v závislosti na velikosti nominálního napětí a na velikosti trhliny. Bude-li nominální napětí od statického zatížení rovno mezi kluzu, potom můžeme v konstrukci připustit trhlínu maximální délky 40 mm. Lze však postupovat i opačně. Bude-li mít trhlína délku např. 60 mm, tak kritické napětí bude překročeno při hodnotě cca 80 % meze kluzu.

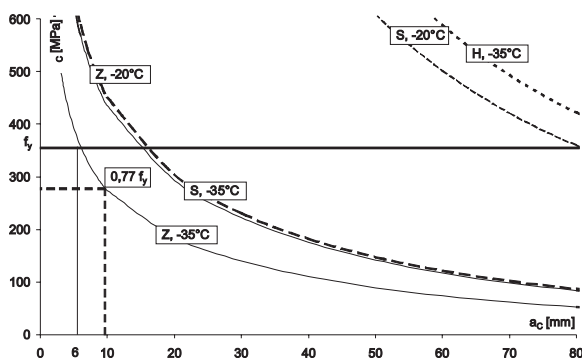
Při zatížení rázem

Obdobně jako v předchozím odstavci byla provedena parametrická studie. Tentokrát vycházela z experimentálně získaných hodnot dynamické lomové houževnatosti. Křivky závislosti kritického napětí na kritické délce trhliny jsou uvedeny na obr. 5. Nejslabším místem je tentokrát základní materiál zkoušený při teplotě -35 °C. Z toho plyne, že pro nominální napětí od zatížení rázem, které je rovno mezi kluzu, je kritická délka trhliny 6 mm. Nebo, bude-li v pásnici trhlína délky 10 mm, tak kritické napětí bude odpovídat cca 77 % meze kluzu.

Hodnocení výsledků

Všechny zde uváděné výsledky je nutno brát jako orientační, protože byly získány z malého souboru experimentálních dat. Pro potvrzení nebo jejich upřesnění je nutné provést řadu dalších zkoušek. Cílem dalších experimentů by mělo být získání spolehlivých hodnot kritických napětí, resp.

kritických trhlin, které bude možno uplatnit při návrhu nové konstrukce nebo při posouzení stávající konstrukce s trhlinou. Při návrhu nové konstrukce bude potom možno stanovit maximální velikost materiálových defektů ve svaru nebo v základním materiálu v závislosti na způsobu namáhání konstrukce. V případě únavového namáhání bude přípustná velikost defektu vycházet ještě z požadované životnosti konstrukce.



Obr. 5. Závislost kritických napětí σ_c na velikosti trhliny a_c při zatížení rázem

Nové evropské normy uvádějí přípustnou velikost materiálových defektů. Například norma [2] definuje velikost přípustné kritické trhliny v závislosti na tloušťce plechu pro základní materiál a tepelně ovlivněnou oblast. Pro tloušťku plechu 40 mm je odhad velikosti kritické trhliny 1,84 mm a pro tloušťku plechu 10 mm je 1,15 mm. Pro svarový kov lze vyjít z normy [3], která definuje maximálně přípustnou velikost defektu ve svaru hodnotou 3 mm.

Z grafů získaných experimenty lze pro tyto velikosti trhlin odečíst kritická napětí, která jsou ve všech případech při teplotě -35°C vyšší než mez kluzu. Z toho vyplývá, že přípustné materiálové defekty podle norem jsou zřejmě (a správně) výrazně na straně bezpečné a bude možné tyto hodnoty dalšími experimenty zpřesňovat. Číselné porovnání výsledků experimentu s hodnotami podle normy [2] lze provést pouze z hlediska základního materiálu (pro ocel S355J2G3) pro velikost trhliny 1,84 mm a pro statické zatížení. Z tabulky v normě [2] lze odečíst pro tloušťku plechu 40 mm a pro teplotu -30°C maximální přípustné napětí o velikosti $0,75 f_y$. Z experimentu vychází výpočtem pro teplotu -35°C kritické napětí rovné $2,4 f_y$. Přímé porovnání těchto výrazně odlišných hodnot však není možné, protože každá platí pro jiný konstrukční detail. Norma [2] vychází z detailu připojení svislé výtuhy stěny na pásnici nosníku, kdežto experiment byl proveden pro případ tupého příčného svaru pásnice tvaru V. Detail uvažovaný normou [2] je komplikovanější a lokální napjatost je u něj velmi složitá. Vyčíslený rozdíl hodnot kritických napětí proto zahrnuje i nezanedbatelný vliv různých konstrukčních detailů.

Při rozhodování o volbě statického nebo rázového účinku zatížení na konstrukci je nutné vycházet z rychlosti deformace, kterou vyvodí uvažované zatížení. Například při běžném zatížení železničních mostů je rychlost deformace v pásnicích hlavních nosníků trámových mostů relativně nízká, řádově se pohybuje v mm/s. Skutečně rázové zatížení s vysokou rychlostí deformace není pro ocelové mosty typické.

Závěr

Popisovaným experimentem byly stanoveny hodnoty statické a dynamické lomové houževnatosti pásnice tl. 40 mm z oceli S355J2G3 s příčným tupým svarem typu V. Hodnoty byly stanoveny pro základní materiál, svarový kov a tepelně ovlivněnou oblast pro teploty -35°C , -20°C a $+20^\circ\text{C}$. Zjištěná kritická napětí jsou taková, že v zásadě neomezují návrh mostní konstrukce z hlediska křehkého lomu. Ovšem vzhledem k malému statistickému souboru experimentálních dat pro vyhodnocení závislosti lomové houževnatosti na teplotě je nutné brát zde uvedené hodnoty lomové houževnatosti pouze jako informativní.

Článek byl vypracován s podporou fondu rektora ČVUT v Praze poskytnutou v roce 2004 výzkumnému týmu „Rozvoj teorie a aplikace ocelových a ocelobetonových mostů“.

Literatura

- [1] ČSN 73 6205 Navrhování ocelových mostů. ČSN, 1999.
- [2] prEN 1993-1-10, Eurocode 3: Design of Steel Structures, Part 1-10: Material Toughness and Through-Thickness Properties. CEN, 2004.
- [3] ČSN EN 25817 Svarové spoje oceli zhotovené obloukovým svařováním. Směrnice pro určování stupňů jakosti. ČSN, 1995.
- [4] Kunz, J.: Základy lomové mechaniky. Praha, Vydavatelství ČVUT 2000.
- [5] Metallic Materials – Unified Method of Test for the Determination of Quasistatic Fracture Toughness. ISO 12135:2002.
- [6] Newman, J. C. – Raju, I. S.: Stress-Intensity Factor Equations for Crack in Three-Dimensional Finite Bodies, Fracture Mechanics: Fourteenth Symposium – Volume 1: Theory and Analysis, ASTM STP 791, Lewis, J. C. and Sines, G., Eds., ASTM, 1983, pp. 1-238-265.

Lubas, A. – Rotter, T.: Maximum Permissible Values of Stress with Respect to Brittle Fracture

This article describes the determination of the maximum permissible stress of a S355J2G3 steel grade, 40 mm thick flange with a V-butt weld with respect to brittle fracture. Maximal stresses were computed from experimentally obtained values of static and dynamic fracture toughness. These values were obtained for the basic material, weld metal and the heat affected zone under temperatures -35°C , -20°C and $+20^\circ\text{C}$ degrees. The maximum stress values were computed while using the stress-intensity factor for a plate with a semi-elliptical surface crack.

Lubas, A. – Rotter, T.: Feststellung der maximalen Spannungen mit Rücksicht auf Sprödbruch

Der Artikel enthält die Ergebnisse von experimentellen Prüfungen der statischen und dynamischen Bruchzähigkeit von Schweißverbindungen mit V-Naht hinsichtlich eines Sprödbruchs. Als Material wurde S355J2G3 verwendet. Die Zähigkeitswerte wurden für den Grundwerkstoff, das Schweißgut und die Wärmeinflusszone ermittelt. Die Versuchstemperaturen betragen -35°C , -20°C und $+20^\circ\text{C}$.

Tepelné a vlhkostní vlastnosti kompozitního materiálu na bázi alkalicky aktivované strusky

Ing. Lucie FRIEDLOVÁ

Ing. Pavel TESÁREK

prof. Ing. Robert ČERNÝ, DrSc.

ČVUT – Fakulta stavební, Praha

prof. RNDr. Pavla ROVNANÍKOVÁ, CSc.

VUT – Fakulta stavební, Brno

V článku je prezentováno měření základních tepelných a vlhkostních vlastností materiálu na bázi alkalicky aktivované strusky – součinitele vlhkostní vodivosti, faktoru difúzního odporu vodní páry, sorpční a desorpční izoterm, součinitele tepelné vodivosti, objemové měrné tepelné kapacity. Zjištěné hodnoty poslouží jako referenční data pro porovnávání s nově vyvinutými materiály a daty získanými pro týž materiál zatížený vysokými teplotami.

Úvod

Tradičním pojivem betonu je portlandský nebo směsný cement, který je univerzálním pojivem, přestože má řadu nedostatků. Jednou z nevýhod je vysoká energetická náročnost jeho výroby, malá odolnost proti působení agresivních látek a nestálost za vyšších teplot.

Na konci dvacátého století byl nastolen ve stavebnictví trend nízkenergetických pojiv, založených především na využívání druhotných surovin. Jednou z možností rozšíření sortimentu maltovin o druhy, které splňují požadovaná kritéria pro pojiva a v mnohých směrech předčí portlandský cement, je využití strusek. Vysokopecní granulovaná struska se používá jako složka směsných cementů. V tomto případě se obvykle nevyužijí dokonale její hydraulické vlastnosti vzhledem k jejímu obtížnému mletí, protože část zrn zůstává nezreagována.

Další možností využití latentně hydraulických vlastností vysokopecní granulované strusky je její alkalická aktivace. Některé zkušenosti s těmito materiály byly již publikovány [1]–[5]. Pro alkalickou aktivaci lze použít jakýkoliv aluminosilikátový materiál, který má pucolánové, hydraulické nebo latentně hydraulické vlastnosti. Nejvhodnější a nejlépe prostudovanou variantou je alkalická aktivace vysokopecní granulované strusky a kaolinitu [6]. Vysokopecní granulovaná struska je charakterizována poměrem sklovité a krystalické fáze, chemickým a mineralogickým složením. Zatímco strusky kyselého charakteru špatně krystalizují, strusky zásadité při pozvolném chlazení krystalizují poměrně snadno. Krystalické fáze s hydroxidem vápenatým reagují velmi liknavě, amorfni formy jsou v přítomnosti zásaditých sloučenin reaktivní. Proto se k výrobě pojiv používá struska rychle chlazená, tedy převážně amorfního charakteru. Vyšší zásaditost strusek je pro alkalickou aktivaci velmi důležitá a je daná modulem zásaditosti M_z podle vztahu

$$M_z = \frac{\text{CaO} + \text{MgO}}{\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3} \quad (1)$$

Při aktivaci strusek v silně zásaditém prostředí není třeba dodržet přísné požadavky týkající se obsahu sklovité fáze a

chemického složení, tak jako je tomu ve směsných cementech.

Pro aktivaci strusky bylo již v roce 1737 [7] použito vzdušné vápno, které reaguje stejně jako hydroxid vápenatý vznikající hydratací cementu. Výhodnější se jeví roztok křemičitanů, uhličitanů nebo hydroxidů alkalických kovů [8], [9]. Alkalicky aktivované strusky vytvářejí vysokopevnostní materiály [1], [10]. Pevnost je závislá na druhu strusky, použitém aktivátoru a způsobu uložení materiálu při vytváření pevné struktury. Alkalicky aktivované materiály mají mnoho výhod. Jsou to především vysoká pevnost, korozivzdornost a částečná odolnost proti vysokým teplotám.

Základní mechanické vlastnosti materiálů na bázi alkalicky aktivované strusky jsou známé z prací Byforse a kol. [11], Robinse a kol. [12] a Douglase a kol. [13]. Brakharev se spoluautory [14] sledoval vliv příměsí na pevnost v tlaku a vliv ohřevu na 600 °C na pevnost v tlaku malt na bázi alkalicky aktivované strusky.

Z vlhkostních vlastností byla dosud sledována pouze vodní permeabilita [15], jiná data se v běžně dostupných databázích nepodařilo nalézt. Z dalších transportních parametrů byla stanovena permeabilita vzduchu pomocí Figgova testu [12], dále byla sledována difúze chloridů v materiálech na bázi alkalicky aktivované strusky a jejich kombinací s cementem [11], [13], [15], [16].

Jak vyplývá z přehledu, vlastnosti těchto materiálů byly dosud sledovány poměrně dost zřídka. Vlhkostní vlastnosti jako součinitel vlhkostní vodivosti či součinitel difúze vodní páry v závislosti na vlhkosti nebyly zatím seriózně měřeny ani v normálních podmínkách (na základě vodní permeability a permeability vzduchu je lze přibližně odhadnout, ale nikoli získat seriózní údaje), u tepelných vlastností je situace obdobná.

Naléhavým úkolem je tedy určení kompletní sady tepelných a vlhkostních vlastností jak za normálních podmínek, tak po zatížení vysokými teplotami. Prvním úkolem je stanovit základní referenční hodnoty.

Materiály a vzorky

Pro výrobu referenční sady vzorků byla použita struska, kterou dodává v jemně mleté formě Kotouč Štramberk. Chemický rozbor strusky je uveden v *tab. 1*, jemnost mletí v *tab. 2*. Pro přípravu alkalického aktivátoru strusky byl použit roztok vodního skla. Silikát SiO₂ PORTIL – A dodala firma Cognis Iberia. Normalizovaný písek EN 196-1 druhu PG1, PG2, PG3 dodala firma Filtrační písky Dubá. Složení směsi pro výrobu vzorků je uvedeno v *tab. 3*.

Výrobě vzorků byla věnována značná pozornost, protože vznikly problémy, které se při výrobě vzorků běžných malt a betonů nevyskytují. Nejprve bylo nutné smísit silikát s vodou, a vytvořit tak roztok. Ten byl poté zamíchán do homogenizované směsi strusky s pískem. Jelikož při doporučo-

Tab. 1. Chemický rozbor strusky

SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	MnO	Cl-	Na ₂ O	K ₂ O	SO ₃
[%]									
38,6	0,52	7,22	38,77	12,9	0,50	0,06	0,21	0,38	0,36

Tab. 2. Jemnost mletí strusky

Zbytek na síť [%]		Měrný povrch [cm ² /g]
0,045 mm	0,09 mm	
12,4	1,9	3920

Tab. 3. Složení směsi pro výrobu vzorků

Filtreační písky			Struska	Silikát	Záměsová voda
[g]			[ml]		
PG1	PG2	PG3	450	90	190
1350	1350	1350			

vaném poměru roztok z forem vytékal, bylo nutné omezit množství záměsové vody z 200 na 190 ml. Vzorky byly zbaveny forem po 24 hodinách a uloženy na dalších 27 dní do vodní lázně. Další problém se ukázal při rozlomení prvních zkušebních vzorků, které nebyly vibrovány. Vzorky obsahovaly větší množství pórů. Po důkladném prozkoumání byly formy naplněny jen do 2/3 výšky, vibrovány po dobu 3 s, teprve poté doplněny do požadované výšky a opět vibrovány po dobu 3 s.

- Pro zjištění referenčních hodnot byly použity tyto vzorky:
- součinitel vlhkostní vodivosti pomocí kapacitní metody (3 vzorky 20 × 40 × 300 mm);
 - součinitel vlhkostní vodivosti pomocí sorpčního experimentu, otevřená pórovitost a objemová hmotnost (6 vzorků 50 × 50 × 23 mm);
 - součinitel tepelné vodivosti a objemová měrná tepelná kapacita (3 vzorky 70 × 70 × 70 mm);
 - součinitel difúzního odporu vodní páry (6 vzorků o průměru 105 mm a tloušťce 10–22 mm);
 - sorpční a desorpční izotermy (27 vzorků 20 × 20 × 10 mm).

U některých experimentů bylo nutné zajistit hmotnost vzorku ve vysušeném stavu (tzn. nejnižší možné), proto byly vzorky nejdříve ponechány v laboratorním prostředí a po ustálení hmotnosti vysušeny na 110 °C.

Experimentální metody

Součinitel vlhkostní vodivosti

■ Pro stanovení **průměrného součinitele vlhkostní vodivosti** byl použit experiment založený na kapilárním sání vody z volné hladiny do vzorku ve vertikální poloze. Vzorek izolovaný proti vodě na čtyřech stěnách pláště byl umístěn nad nádobu na kovové konstrukci s vodou tak, aby jeho spodní čelo bylo ponořeno 2 mm pod hladinu. Konstrukce byla položena na vahách propojených s počítačem umožňujícím automatickou registraci dat. Závislost celkového množství vody ve vzorku na odmocnině z času od počátku měření byla pak využita ke stanovení koeficientu absorpce vody, který je roven směrnici její lineární části. Pro výpočet průměrné hodnoty součinitele vlhkostní vodivosti D_w [m²s⁻¹] byla použita rovnice

$$D_w \approx \left(\frac{A}{w_c} \right)^2, \quad (2)$$

kde A je koeficient absorpce vody [kgm⁻²s^{-1/2}] a w_c nasycená vlhkost [kgm⁻³].

Vzorky byly ponechány volně v laboratorním prostředí až do ustálení hmotnosti, poté byly vysušeny při teplotě 110 °C do nulové hmotnosti. Měření probíhalo při teplotě 25 °C a relativní vlhkosti okolo 50 %.

■ Pro měření **obsahu vlhkosti** byla použita kapacitní metoda [17] založená na principu měření změny kapacity kondenzátoru (frekvence 250 až 350 kHz), jehož dielektrikem je zkoumaný materiál. K měření byl použit kapacitní senzor, plošná sonda měla tvar deskového kondenzátoru s rozměry 20 × 40 mm.

Vlhkostní profily byly určeny při simulování jednorozměrného transportu vlhkosti v horizontální poloze, aby byl vyloučen vliv gravitace. Stěny pláště vzorku byly proti vodě chráněny latexovou vrstvou, čelo takto izolovaného vzorku bylo potom umístěno do nádoby, ve které bylo přes houbičku v kontaktu s vodou. Druhé čelo zůstalo volné. Ve zvolených intervalech byla pak přikládána sonda na každých 5 mm. Poslední odečet byl proveden, když fronta vlhkosti dosáhla přibližně poloviny délky vzorku. Poté byl vzorek rozřezán na dílky po 10 mm a jejich vlhkost byla určena gravimetrickou metodou. Na základě získaných výsledků byla vytvořena kalibrační křivka. Souhrnná kalibrační křivka byla určena z hodnot měření na třech vzorcích. Vlhkostní profily byly potom určeny zpětně pomocí této křivky.

Součinitel vlhkostní vodivosti byl vypočítán z vlhkostních profilů Matanovou metodou [18]. Použité vzorky byly ponechány volně v laboratorním prostředí až do ustálení hmotnosti, poté vysušeny na 110 °C do nulové hmotnosti a znova umístěny do laboratorního prostředí při teplotě 25 °C a relativní vlhkosti okolo 50 %. Za těchto podmínek probíhalo také měření.

Transportní parametry vodní páry

Pro měření byla použita misková metoda (metoda „cup“) definovaná v ČSN 72 7031 [19]. Součinitel difúze vodní páry D [m²s⁻¹] byl vypočten podle rovnice

$$D = \frac{\Delta m \cdot d \cdot R \cdot T}{S \cdot \tau \cdot M \cdot \Delta p_p}, \quad (3)$$

kde Δm je množství vodní páry prošlé vzorkem [kg],

d – tloušťka vzorku [m],

S – plocha vzorku, která je v kontaktu s vodní párou [m²],

τ – čas odpovídající hmotnosti prošlé vodní páry Δm [s],

Δp_p – rozdíl parciálních tlaků v nádobě pod vzorkem a prostředím nad ním [Pa],

R – univerzální plynová konstanta [Jmol⁻¹ K⁻¹],

M – molární hmotnost vody [kgmol⁻¹],

T – absolutní teplota [K].

Na základě výpočtu součinitele difúze vodní páry D [m²s⁻¹] byl určen faktor difúzního odporu μ [-] podle vztahu

$$\mu = \frac{D_a}{D}, \quad (4)$$

kde D_a je součinitel difúze vodní páry ve vzduchu [m²s⁻¹].

Součinitel difúzní propustnosti vodní páry δ [s] byl pak vypočítán na základě vztahu

$$\delta = D \frac{M}{RT}. \quad (5)$$

Při měření metodou „dry cup“ byla miska se vzorkem naplněna silikagelem a umístěna v laboratorním prostředí s průměrnou relativní vlhkostí 50 %. Stejně se postupovalo metodou „wet cup“. Hmotnost misky se vzorkem se měřila dvakrát denně po dobu dvou týdnů, teplota v laboratoři se pohybovala okolo 25 °C. Konstantní úbytek („wet cup“) nebo přírůstek („dry cup“) byl stanoven z ustálených hodnot lineární regrese.

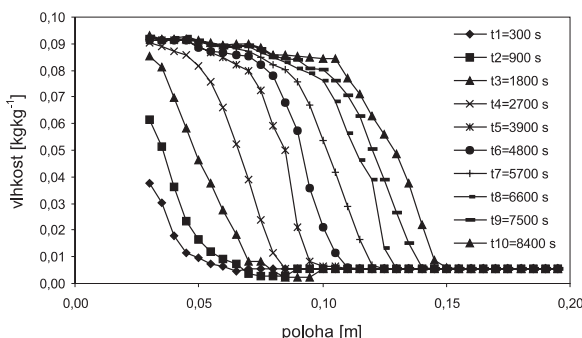
■ **Sorpční izotermy** materiálů schopných přijímat vlhkost jsou graficky vyjádřené závislosti rovnovážných stavů mezi vlhkostí tohoto materiálu a relativní vlhkostí vzduchu při konstantní teplotě. **Desorpce** je opačný jev, při němž kapilárně nasycený vzorek je umístěn do prostředí s nižší relativní vlhkostí a dochází k uvolňování vlhkosti ze vzorku. Desorpční izoterma má vždy vyšší hodnoty vlhkosti než sorpční izoterma. Rozdíl mezi průběhem sorpční a desorpční izotermy se nazývá hystereze sorpce.

Měření sorpčních a desorpčních izoterm probíhalo v laboratorních podmínkách s teplotou 25 °C. Vzorky byly umístěny do exsikátorů, ve kterých byly různé roztoky solí, jež simulují různé hodnoty relativní vlhkosti [20]. Experimenty probíhaly paralelně ve všech exsikátorech. Hmotnost vzorků byla zjišťována periodicky do dosažení hodnot rovnovážného stavu.

■ **Tepebné vlastnosti** byly ověřovány přístrojem ISOMET 2104 (Applied Precision), což je multifunkční zařízení k měření součinitele tepelné vodivosti λ [W m⁻¹K⁻¹], objemové měrné tepelné kapacity c_p [J m⁻³K⁻¹] a součinitele teplotní vodivosti a [m²s⁻¹]. Měření se provádělo plošnou sondou na vzorcích ponechaných v laboratorním prostředí s teplotou 25 °C a relativní vlhkostí okolo 50 %.

Výsledky a diskuze

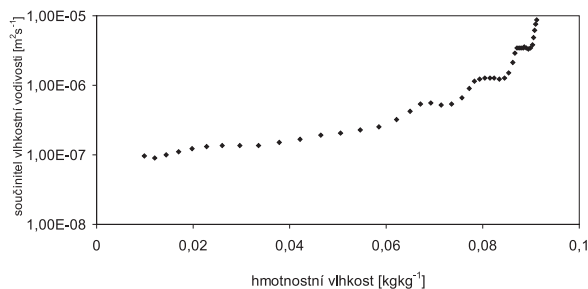
Základní vlastnosti uvedené v tab. 4 ukazují, že studovaný materiál má pórovitost a objemovou hmotnost na úrovni běžné cementové malty [21]. To lze považovat za uspokojivý výsledek, protože použitým kamenivem byly filtrační písky. Průměrný součinitel vlhkostní vodivosti určený na základě sorpčního experimentu je ovšem zhruba o dva řády vyšší než u cementové malty [21]. Důvodem pro tento rozdíl může být např. rozdílná distribuce pórů nebo vznik trhlin, ale to je třeba ověřit porozimetrovými a mikroskopickými měřeními. Na obrázku 1 jsou znázorněny typické vlhkostní



Obr. 1. Typické vlhkostní profily naměřené kapacitní metodou

profily ve vzorku materiálu na bázi alkalicky aktivované strusky naměřené kapacitní metodou. Hodnoty součinitele

vlhkostní vodivosti v závislosti na vlhkosti vypočtené na základě těchto profilů Matanovou metodou jsou prezentovány na obr. 2. Porovnání s průměrnou hodnotou součini-



Obr. 2. Součinitel vlhkostní vodivosti v závislosti na vlhkosti

tele vlhkostní vodivosti určenou pomocí sorpčního experimentu ukazuje, že tato hodnota odpovídá součiniteli vlhkostní vodivosti při zhruba polovině maximální vlhkosti. Toto zjištění je v souladu s výsledky dosaženými na jiných materiálech [22].

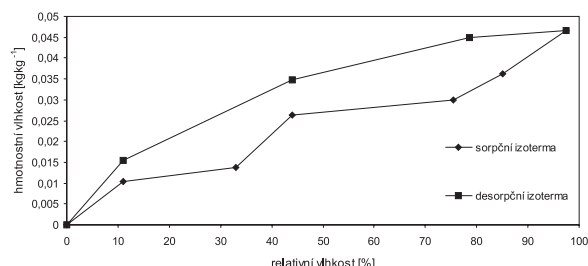
Tab. 4. Základní vlastnosti

Otevřená pórovitost [% objemu]	Objemová hmotnost [kgm ⁻³]	Průměrný součinitel vlhkostní vodivosti [m ² s ⁻¹]
18,00	2 167,40 ± 1,17 %	1,84 E-07 ± 21,50 %

Tab. 5. Transportní parametry vodní páry

Metoda	Součinitel difúzní propustnosti [s]	Součinitel difúze vodní páry [m ² s ⁻¹]	Faktor difúzního odporu [-]
dry cup	3,6E-12 ± 10 %	4,9E-7 ± 10 %	47 ± 10 %
wet cup	1,0E-11 ± 10 %	1,4E-6 ± 10 %	17 ± 10 %

V tabulce 5 jsou uvedeny transportní parametry vodní páry studovaného materiálu, konkrétně součinitel difúzní propustnosti vodní páry, součinitel difúze vodní páry a součinitel difúzního odporu vodní páry, získané stacionární metodou. Hodnoty získané pro metodu „dry cup“ odpovídají hodnotám charakteristickým pro cementovou maltu [21]. Transportní parametry vodní páry pro metodu „wet cup“ jsou ovšem výrazně vyšší (faktor difúzního odporu nižší). Toto zjištění pravděpodobně souvisí s vyšší adsorpční schopností materiálu pro vodní páru, než je tomu u běžné cementové malty, což je ukázáno na sorpčních a desorpčních izotermách vodní páry na obr. 3.



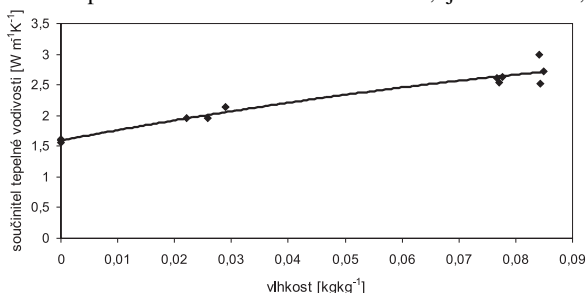
Obr. 3. Sorpční a desorpční izotermy

Základní tepelné vlastnosti materiálu v suchém stavu jsou uvedeny v tab. 6. Součinitel tepelné vodivosti i měrná tepelná kapacita zhruba odpovídají hodnotám charakteristickým pro běžnou cementovou maltu [21], stejně tak i součinitel

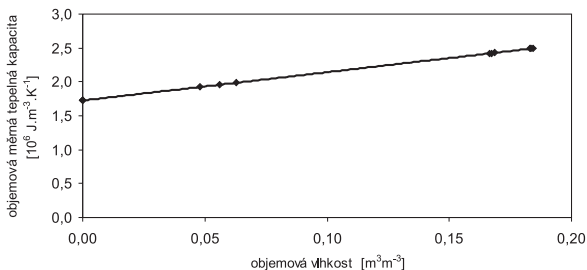
Tab. 6. Základní tepelné vlastnosti materiálu

Součinitel tepelné vodivosti [Wm ⁻¹ K ⁻¹]	Objemová měrná tepelná kapacita [10 ⁶ Jm ⁻³ K ⁻¹]	Součinitel teplotní vodivosti [10 ⁻⁶ m ² s ⁻¹]
1,59 ± 2,4 %	1,73 ± 2,6 %	0,92 ± 0,7 %

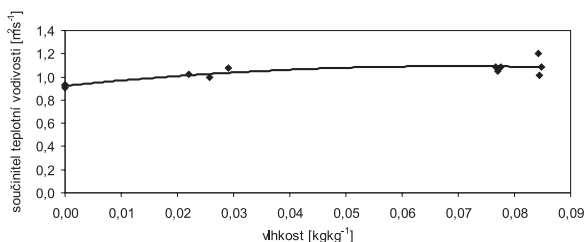
teplotní vodivosti. Součinitel tepelné vodivosti v závislosti na vlhkosti je znázorněn na obr. 4, součinitel objemové měrné tepelné kapacity, který je vypočítán pomocí směšovacího pravidla v závislosti na vlhkosti, je na obr. 5,



Obr. 4. Součinitel tepelné vodivosti v závislosti na vlhkosti



Obr. 5. Objemová měrná tepelná kapacita v závislosti na vlhkosti



Obr. 6. Součinitel teplotní vodivosti v závislosti na vlhkosti

součinitel teplotní vodivosti v závislosti na vlhkosti na obr. 6. Naměřené vlhkostní závislosti těchto tepelných parametrů jsou opět v mezích charakteristických pro cementovou maltu [21].

Závěr

Hlavním cílem práce bylo stanovit referenční sadu dat pro materiály na bázi alkalicky aktivované strusky. Zajímaly nás především základní tepelné a vlhkostní parametry. Tyto parametry by měly společně s dalším měřením, které bude následovat, pomoci k pochopení, popř. simulování změn v tomto materiálu při kontaktu s vodou, vzdušnou vlhkostí, změnou teploty nebo v důsledku jiného klimatického zatížení.

Na závěr bude jistě užitečné připomenout si i několik poznatků technického charakteru. Při první fázi experimentů byly zároveň ověřeny experimentální metody a jejich aplikace na vzorcích z tohoto materiálu. Zvýšená pozornost byla pak věnována výrobě vzorků. Technologický postup byl na základě dosažených zkušeností upraven a sjednocen, aby

mohl být přesně definován postup při vysoušení a ošetřování hotových vzorků.

Článek byl vytvořen na základě podpory projektu č. 103/04/0139 GA ČR.

Literatura

- [1] Brandštetr, J.: Struskoalkalické betony. Stavivo, 1984, č. 3, s. 110–114.
- [2] Rovnaníková, P. – Brandštetr, J.: Poznátky ze studia mikrostruktury zatvrdlých struskoalkalických past. [Sborník], X. vědecká konference, FAST VUT, Brno, 1989, s. 99–103.
- [3] Douglas, E. – Brandštetr, J.: A Preliminary Study on the Alkali Activation of Ground Granulated Blast-Furnace Slag. Cement and Concrete Research, Vol. 20, 1990, pp. 746–756.
- [4] Tomková, V. et al.: Alkali Activation of Granulated Blast Furnace Slags. Ceramics-Silikáty, Vol. 37, 1993, pp. 61–65.
- [5] Škvára, F. – Kopecká, M.: Properties of a Cement Based on Alkali-Activated Slag. Ceramics-Silikáty, Vol. 41, 1997, pp. 29–34.
- [6] Geopolymere. Ed. by Davidovits, J., Davidovits, R. and James, C. (Saint-Quentin: 1999).
- [7] Matoušková, A.: Od tradičního vápenictví na území Českého krasu ke vzniku moderní továrny na výrobu portlandského cementu v Králově Dvoře v roce 1911. Královodvorská cementárna, 1995.
- [8] Talling, B. – Brandštetr, J.: Present State and Future of Alkali-Activated Slag Concretes. In: Fly Ash, Silica Fume, Slag and Natural Pozzolans in Concrete. Trondheim, 1989, pp. 1519–1545.
- [9] Shi, C. – Day, R. L.: Some Factors Affecting Early Hydration of Alkali-Slag Cements. Cement and Concrete Research, Vol. 26, 1996, No. 3, pp. 439–447.
- [10] Collins, F. G. – Sanjayan, J. G.: Strength and Shrinkage Properties of Alkali-Activated Slag Concrete Placed into a Large Column. Cement and Concrete Research, Vol. 29, 1999, pp. 659–666.
- [11] Byfors, K. – Klingstedt, G. – Lehtonen, V. – Pyy, H. – Romben, L.: Durability of Concrete Made with Alkali Activated Slag. ACI SP Proceedings, Vol. 114, 1989, pp. 1429–1468.
- [12] Robins, P. J. – Austin, S. A. – Issaad, A.: Suitability of GGBFS as a Cement Replacement for Concrete in Hot Arid Climates. Materials and Structures, Vol. 25, 1992, pp. 598–612.
- [13] Douglas, E. – Bilodeau, A. – Malhotra, V. M.: Properties and Durability of Alkali-Activated Slag Concrete. ACI Materials Journal, Vol. 89, 1992, pp. 509–516.
- [14] Bakharev, T. – Sanjayan, J. G. – Cheng, Y. B.: Effect of Admixtures on Properties of Alkali-Activated Slag Concrete. Cement and Concrete Research, Vol. 30, 2000, pp. 1367–1374.
- [15] Shi, C.: Strength, Pore Structure and Permeability of Alkali-Activated Slag Mortars. Cement and Concrete Research, Vol. 26, 1996, pp. 1789–1799.
- [16] Roy, D. M. – Jiang, W. – Silsbee, M. R.: Chloride Diffusion in Ordinary, Blended and Alkali-Activated Cement Pastes and Its Relation to Other Properties. Cement and Concrete Research, Vol. 30, 2000, pp. 1879–1884.
- [17] Semerák, P. – Černý, R.: Kapacitní metoda pro měření vlhkostní vodivosti stavebních materiálů. Stavební obzor, 6, 1997, č. 4, s. 102–103.
- [18] Drchalová, J. – Černý, R.: Non-Steady-State Methods for Determining the Moisture Diffusivity of Porous Materials. Int. Comm. Heat and Mass Transfer, Vol. 25, 1998, pp. 109–116.
- [19] ČSN 72 7031 Měření součinitele difúze vodní páry stavebních materiálů metodou bez teplotního spádu. ÚNM, 1974.
- [20] Arai, C. – Hosaka, S. – Murase, K. – Sano, Y.: Measurements of the Relative Humidity of Saturated Aqueous Salt Solutions. J. Chem. Eng. Jap., No. 9, 1976, p. 328.
- [21] Černý, R. – Rovnaníková, P.: Transport Processes in Concrete. London, Spon Press 2002.
- [22] Drchalová, J. – Černý, R.: A Simple Gravimetric Method for Determining the Moisture Diffusivity of Building Materials. Construction and Building Materials, 2003, No. 17, pp. 223–228.

Friedlová, L. – Tesárek, P. – Černý, R. – Rovnaníková, P.: Thermal and Hygric Properties of a Composite Material on the Basis of Alkali Activated Slag

The measurement of basic thermal and hygric properties of a material on the basis of alkali activated slag is presented in this paper. Moisture diffusivity, the water vapour diffusion resistance factor, sorption and desorption isotherms, thermal conductivity and volumetric specific heat capacity are determined. The measured data can be considered as a reference data set that will be used for comparison with other newly developed materials on the same basis and for the same material subjected to high temperatures.

Friedlová, L. – Tesárek, P. – Černý, R. – Rovnaníková, P.: Thermische und Feuchtigkeitseigenschaften eines Kompositmaterials auf Basis alkalisch aktivierter Schlacke

Im Artikel wird die Messung der grundlegenden thermischen und Feuchtigkeitseigenschaften eines Materials auf Basis alkalisch aktivierter Schlacke vorgestellt: des Feuchtigkeitsleitwerts, der Wasserdampfdiffusions-Widerstandszahl, der Sorptions- und Desorptionsisotherme, des Wärmeleitkoeffizienten und der volumenbezogenen spezifischen Wärmekapazität. Die festgestellten Werte dienen als Referenzdaten für den Vergleich mit neu entwickelten Materialien und mit für dieses hohen Temperaturen ausgesetzte Material gewonnenen Daten.

Maji-li zůstat zdraví, musí začít brzy



Zapojení bezpečnosti a ochrany zdraví při práci do základního, středního a vysokoškolského vzdělávání je klíčem ke snížení vysokého počtu pracovních úrazů a nemocí z povolání v řadě průmyslových odvětví členských zemí EU, což se týká především mladých lidí, uvádí se v nové zprávě, kterou uveřejnila Evropská agentura pro bezpečnost a ochranu zdraví při práci. Podle této zprávy (Mainstreaming Occupational Safety and Health into Education) hrozí mladým pracovníkům ve věku 18 až 24 let o 50 % větší pravděpodobnost, že budou mít pracovní úraz, než je průměrné procento u pracovníků v průmyslově vyspělých zemích. Podle zprávy je jednou z hlavních příčin skutečnost, že většina mladých pracovníků přichází na trh práce s malou znalostí možnosti vzniku nebezpečí při práci (rizik), a navíc nejsou poučeni o preventivních opatřeních, která lze přijmout k předcházení vzniku těchto nebezpečí. Zpráva na 152 stranách popisuje a rozebírá 32 příkladů toho, jak jednotlivé členské státy EU úspěšně zapojily otázky bezpečnosti a ochrany zdraví při práci do různých stupňů vzdělávacího systému, od základních škol až po vysoké školy a odborná učiliště. Poskytuje rovněž strategický plán včetně „road map“, tj. časového plánu, jak tohoto cíle v oblasti vzdělávání dosáhnout.

Tisková informace

• dizertace



Použití programu RUSLE pro určení erozního ohrožení v podmínkách ČR

Ing. Alena Jakubíková

Dizertace je věnována ohrožení půdy vodní erozí v závislosti na způsobu využití půdy a pěstovaných rostlinách. Porovnává dosud užívaný model USLE s nově zavádným RUSLE a definují se podmínky jeho využití v ČR. Ukazuje se, že nově strukturovaný model dochází k nižším hodnotám eroze, čímž se více blíží skutečnosti.

Kompozitní dřevobetonové konstrukce

Ing. Anna Kuklíková

Autorka se zabývá kompozitními konstrukcemi složenými ze dřeva a betonu. Jsou předloženy dvě metody teoretického stanovení únosnosti nosníků s poddajným spojením dřeva a betonu, které byly ověřeny porovnáním se zahraničními experimenty. Zdokonalená penetrační metoda poskytuje podklady i u rekonstrukcí, u nichž nelze jiným způsobem kvalitu dřeva ověřit.

Chování perforované lišty v ocelobetonových konstrukcích

Ing. Jan Samec

Práce se zabývá moderním prvkem sprážením – perforovanou lištou. Je předložen sofistikovaný výpočetní model umožňující stanovit únosnost lišty a obejít se tak v budoucnosti bez nákladných experimentů. Model je ověřen pro staticky působící zatížení a je výchozím podkladem i pro model opakovaného zatížení. Výsledky dizertace jsou okamžitě využitelné v praxi navrhování sprážených ocelobetonových konstrukcí.

Rozložení vlhkosti ve zdivu s kontaktním zateplením ve vztahu k výskytu fakultativně patogenních plísní

Ing. Daniela Bedlovičová

Výsledky rozsáhlých zkoušek autorka vyhodnocuje a konfrontuje je s výpočty a poznatky z praxe. Aktuálnost problému je dokumentována četností poruch a vad v rekonstruovaných objektech i novostavbách. Výsledky práce umožňují ocenit aktuální nebezpečí biologického napadení konstrukcí při známém rozložení vlhkosti a teploty, popř. stanovit optimální parametry mikroklimatu v posuzovaných objektech.

Stavebně architektonické charakteristiky venkovského domu v prostředí vesnic českého střeozápadu

Ing. Martin Čerňanský

Dizertant analyzuje hlavní architektonické a stavební charakteristiky tradičního venkovského domu a na jejich základě sestavuje souhrn zásad pro jejich soudobé navrhování. Zdůrazňuje se stavební kvality tradičního řešení a formulují se zásady pro další vývoj.

Mechanické namáhání vápenných omítek s pucolánovými přísadami vyvolané změnami teploty a vlhkosti

Ing. Aleš KUNCA
 prof. Ing. Robert ČERNÝ, DrSc.
 RNDr. Vratislav TYDLITÁT, CSc.
 ČVUT – Fakulta stavební, Praha

prof. RNDr. Pavla ROVNANÍKOVÁ, CSc.
 VUT – Fakulta stavební, Brno

Vápenné omítky jako povrchová úprava konstrukcí, ať již v exteriéru, nebo v interiéru, jsou vystaveny teplotnímu a vlhkostnímu namáhání. V článku se posuzuje trvanlivost vápenných fasádních omítek s pucolánovými přísadami, použitých na konstrukci zděného obvodového pláště, jednoduchým vyhodnocením napětí pocházejících od teplotních a vlhkostních objemových změn.

Úvod

Tradiční vápenné omítky bez přídavku portlandského cementu mají malou pevnost a krátkou životnost. V předchozích pracích [1]–[3] byly pro použití při opravách historických budov navrženy nové směsi vápenných omítek s pucolánovými přísadami, které mají lepší mechanické vlastnosti. Změna materiálové struktury má však za následek zhoršení některých vlastností, jako je např. vlhkostní roztažnost. Hodnoty teplotní roztažnosti jsou proti tomu výrazně srovnatelné.

Velikost smrštění a roztažení závisí na součiniteli teplotní roztažnosti, na teplotě omítky a na její tloušťce. Teplota omítky je ovlivněna teplotou okolního prostředí a působením slunečního záření. Z toho vyplývá, že musíme brát v potaz i barvu omítky a polohu omítnuté konstrukce, přičemž nejdelší osvit je na jižní straně.

Omítky jsou vystaveny také vlhkostnímu namáhání, tj. relativní vlhkosti okolního prostředí, vlhkosti vnitřního kli-

matu stavby, působení deště a převládajícího směru větru (zanášení kapek deště do omítky). Omítky vystavené dešti mají velký obsah vody, který způsobuje vlhkostní objemové změny.

Objemová změna způsobuje uvnitř omítky napětí, které musí materiál přenést. Pokud napětí překročí pevnost materiálu, tvoří se trhliny. To znamená:

- snížení trvanlivosti materiálu a životnosti omítky na fasádě;
- postupnou degradaci materiálu;
- porušení celistvosti omítky, a tedy krycí vrstvy konstrukce, následné obnažení zdiva;
- zvýšené špinění omítky;
- porušení tepelné a zvukové izolace zdiva;
- výrazné zhoršení estetického vzhledu.

Předmětem experimentu bylo zjistit teplotní a vlhkostní změny uvnitř omítky simulací ročních atmosférických podmínek. Chtěli jsme dále ověřit, jaké namáhání jsou omítky schopné snést, zda zvětšení objemových změn nově vyvinutých pucolánových omítek je možno kompenzovat nárůstem jejich pevností.

Materiály a parametry

Při posuzování čtyř materiálů – klasické vápenné omítky (S), vápenné omítky s metakaolinem Metastar 501 (P1), vápenné omítky s mletou pálenou cihlou (P2), vápenné omítky s mletým sklem fritou (P3) – jsme vycházeli z parametrů uvedených v [1]–[3]. Sledované materiálové charakteristiky jsou uvedeny v tab. 1, tab. 2 a obr. 1. V tabulce 2

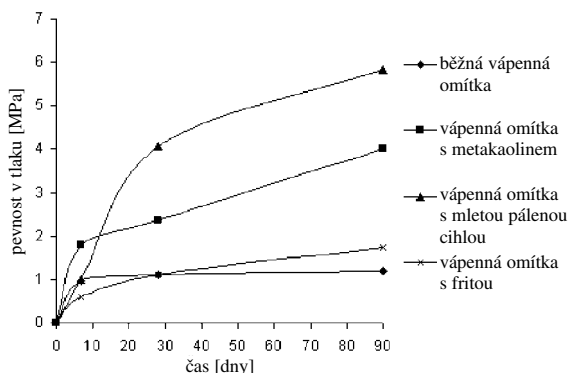
Tab. 1. Tepelná a vlhkostní roztažnost vápenných omítek

Vápenná omítka	Druh	Součinitel α_w		Nasákavost		Součinitel α_T [K ⁻¹]
		[% hm. ⁻¹]	[% obj. ⁻¹]	[% hm.]	[% obj.]	
běžná	S	0,0000334	0,0000201	19,78	32,90	0,0000116
s metakaolinem	P1	0,0000607	0,0000450	30,51	41,21	0,0000062
s mletou cihlou	P2	0,0000720	0,0000429	20,20	33,92	0,0000108
s fritou	P3	0,0000755	0,0000424	18,35	31,99	0,0000146

Tab. 2. Mechanické vlastnosti vápenných omítek

Vápenná omítka	Druh	Pevnost [MPa]			
		7denní		28denní	
		v tahu za ohybu	v tlaku	v tahu za ohybu	v tlaku
běžná	S	–	0,97	0,32	1,11
s metakaolinem	P1	–	1,79	0,53	2,36
s mletou cihlou	P2	0,152	0,99	0,58	4,06
s fritou	P3	0,115	0,61	0,25	1,12

je vidět patrný rozdíl mezi pevností pucolánových omítek v tlaku proti normální omítce. Pevnost je dvojnásobná až čtyřnásobná. Vlhkostní roztažnost všech omítek s přísadami je proti klasické vápenné omítce zhruba dvojnásobná. Teplotní roztažnost je kromě omítky s metakaolinem srovnatelná. Metakaolin je technický název pro surovinu, která se vyrábí pálením kaolinu, jehož podstatnou součástí je kaolinit. Metakaolinit vzniká dehydratací kaolinitu. Je amorfni, s velkým objemem pórů.



Obr. 1. Pevnost vápenných omítek v tlaku

Metody – simulace

Jako podklad pro zjištění teplotního a vlhkostního namáhání konstrukce byla vybrána metoda charakterizace konstrukce pomocí programu Delphin verze 4.4.16. vyvíjeného na TU Drážďany [4]. Tento numerický simulační program pro výpočet tepelného a vlhkostního transportu a transportu solí ve stavebních hmotách a konstrukcích s velkou přesností dokáže simulovat chování stavební konstrukce a stavebních dílů v závislosti na čase. Pro sledování modelového chování omítek byla navržena konstrukce stěny obvodového pláště ve složení (směrem od exteriéru):

- 30 mm zkoumaná vápenná omítka,
- 450 mm klasická pálená cihla,
- 30 mm vápenokřemičitá deska CALSITHERM® KLIMAPLATTE,
- 15 mm vápenocementová omítka.

Simulace se prováděla ve skladbě s vápenokřemičitou deskou tl. 30 mm vzhledem k předpokládanému použití vápenných omítek na historických budovách s profilovanou fasádou, u kterých není většinou při rekonstrukci možné zajistit dodatečnou tepelnou izolaci z vnější strany. Vápenokřemičitá deska je jednou z možností, jak tepelně izolovat takovéto stavby.

Pro materiálové modelování pucolánových omítek byly použity, jak již bylo uvedeno, parametry z předchozích laboratorních měření. Ostatní parametry jsou z databáze pro-

gramu DELPHIN verze 4.4.16 [4]. Pokojové podmínky byly zvoleny 20 °C a 50 % relativní vlhkosti. Jako venkovní klima bylo zvoleno průměrné roční podnebí středozápadního Německa. V tomto modelu je zahrnuto působení dlouhovlnného a krátkovlnného záření, deště, teploty, relativní vlhkosti a směru větru.

Při počítačové simulaci byly zvoleny režimy pro jižní a západní stranu. Kvůli teplotnímu namáhání byla stěna modelována jako jižní. Vzhledem k vlhkostním parametrům, kdy převládající směr větru je západní, a tím i největší dešťové srážky pronikající do konstrukce na západní straně, byla stěna modelována jako západní.

Simulace byla prováděna pro období dvou let pouze u omítky s fritou. Pro zjednodušení výpočtu, a hlavně pro zkrácení času potřebného pro výpočet, byla u ostatních omítek tato simulace provedena pro období jednoho roku. Začátek simulace byl vždy 1. ledna. Jak ukazuje porovnání průběhu modelovaných parametrů u omítky s fritou v období jednoho a dvou roků simulace, jsou výsledky naprosto shodné a výpočet pro období jednoho roku tedy dává spolehlivé výsledky. Absorpční koeficient povrchu omítky byl zvolen standardní 0,7 pro šedý povrch omítky (0,4 – světlé, bílé, béžové barvy povrchu, 1,0 – černá barva povrchu). Tento koeficient ovlivňuje zahřívání povrchu omítky od slunečního záření.

Výstupem z programu Delphin byl teplotní profil omítky, teplota na vnitřní straně konstrukce a vlhkostní profil omítky. Z těchto profilů byly určeny teploty na vnitřní a vnější straně, maximální a minimální teploty a průběh objemové vlhkosti omítky během jednoho roku.

Výsledky simulace

■ Objemové změny v závislosti na teplotě

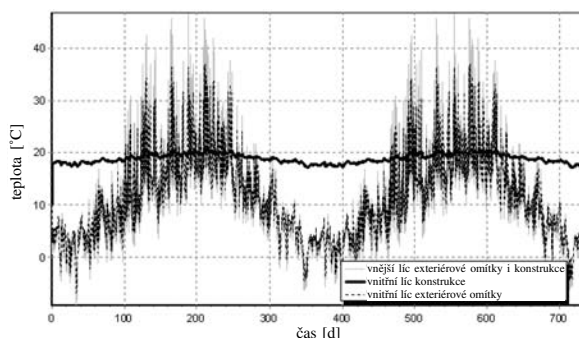
U omítky na fasádě se sledoval teplotní rozdíl na vnitřní a vnější straně a teplotní rozdíl v průběhu roku. Rozdíl teplot uvnitř omítky je podle předpokladu největší v letních měsících. V obrázku 2 je zachycen průběh teplot pro pucolánovou omítku s fritou pro jižní stěnu. Pro snadnější porovnání teplot uvnitř a vně omítek je v obr. 3 uveden pouze časový úsek od 470. do 480. dne simulace. Z grafů jsou vidět pouze nepatrné změny mezi teplotou na vnitřní a vnější straně omítky. Maximální rozdíly teplot jsou uvedeny v tab. 3. Je patrné, že teploty uvnitř konstrukce se navzájem příliš neliší, jen u omítky s metakaolinem je vidět větší rozdíl mezi vnitřní a vnější stranou omítky. To je způsobeno jejím menším součinitelem tepelné vodivosti (je zhruba poloviční proti ostatním omítkám, $\lambda = 0,397 \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$ při 0,8 % hmot. vlhkosti).

■ Objemové změny vlivem změny vlhkosti

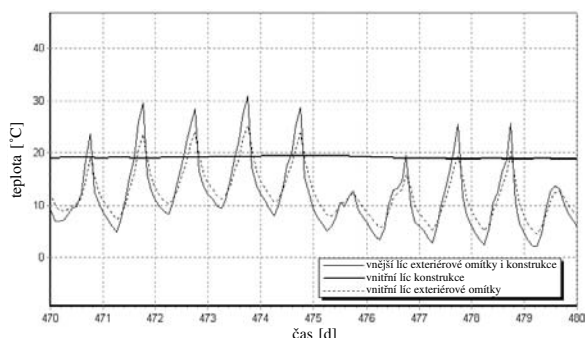
Omítky mají velkou nasákavost, proto je nárůst vlhkosti relativně značný. Obrázek 4 uvádí průběh změny objemové

Tab. 3. Rozdíly teplot v průběhu roku a rozdíly teplot uvnitř vápenných omítek na fasádě

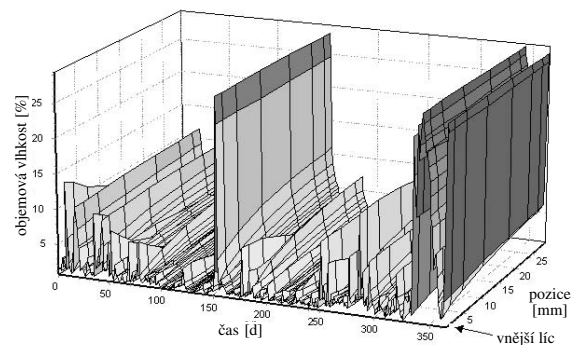
Vápenná omítka	Druh	Minimální		Maximální			
		vnější líc	vnitřní líc	vnější líc	vnitřní líc	v průběhu roku ΔT_{rok}	vnitřní a vnější líc ΔT_{max}
		zima		léto			
		$T \text{ [}^\circ\text{C]}$					
běžná	S	-9,3	-7,5	45,8	37,9	55,1	7,9
s metakaolinem	P1	-9,4	-6,1	46,8	34,9	56,2	11,9
s mletou pálenou cihlou	P2	-9,2	-7,2	46,2	37,6	55,4	8,6
s fritou	P3	-9,3	-7,0	46,8	37,0	56,1	9,8



Obr. 2. Průběh teplot v pucolánové omítce s fritou během dvou let – model jižní stěna



Obr. 3. Průběh teplot v pucolánové omítce s fritou 470. až 480. den (počítáno od 1. ledna) – model jižní stěna

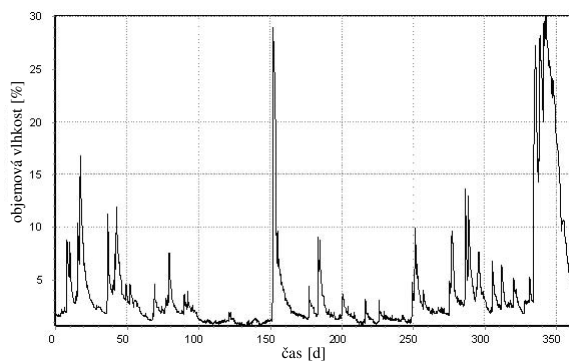


Obr. 4. Objemová vlhkost v exteriérové běžné vápenné omítce v průběhu 1 roku

vlhkosti ve vrstvě omítky během roku. Povrch je smáčen dešťovou vodou, a ta se dostává systémem pórů díky vysoké nasákavosti materiálu do dalších vrstev omítky hlouběji k nosné konstrukci. Střední hodnotu objemové vlhkosti vápenné omítky uvádí obr. 5. Maximální a minimální objemovou vlhkost a jejich rozdíl lze sledovat v tab. 4. Největší objemovou nasákavost má omítka s metakaolinem, a můžeme tedy předpokládat i největší maximální objemovou vlhkost. Tento předpoklad se při počítačové simulaci potvrdil. Omítka má největší rozdíl mezi objemem s minimálním a maximálním nasycením vodou. Pokud se objem omítky v konstrukci nemění, vyvolají změny vlhkosti v omítce mechanické napětí, popř. vznik trhlin.

Tab. 4. Rozdíl objemové vlhkosti v průběhu roku ve vápenných omítkách na fasádě

Vápenná omítka	Druh	Minimum	Maximum	Rozdíl během roku w [% obj.]	Rozdíl Δw [% hm.]
		w [% obj.]			
běžná	S	0,60	29,30	28,70	17,26
s metakaolinem	P1	5,08	38,78	33,70	24,94
s mletou pálenou cihlou	P2	1,17	30,74	29,57	17,61
s fritou	P3	1,89	30,68	28,79	16,52



Obr. 5. Střední objemová vlhkost v exteriérové běžné vápenné omítce v průběhu 1 roku

■ Hodnocení napětí omítky a vzniku trhlin

Teplotní změny a změny objemové vlhkosti vyvolají stejné změny materiálu. Na základě známého součinitele teplotní roztažnosti je vypočtena teplotní roztažnost materiálu (tab. 5). Díky nižšímu součiniteli teplotní roztažnosti omítky s metakaolinem je i samotná teplotní roztažnost omítky menší. Největší teplotní roztažnost má omítka s fritou. Stejně jako u teplotní roztažnosti je i vlhkostní roztažnost přepočtena podle součinitele vlhkostní roztažnosti (tab. 6). Je také spočítána relativní vlhkostní roztažnost. Z obrázků 4 a 5 je patrné, že vlhkost omítky se v průběhu několika dní mění. To vede k častým objemovým změnám, a tím k možnému vzniku trhlin. Součinitel vlhkostní roztažnosti je pro pucolánové omítky přibližně dvojnásobný proti klasické vápenné omítce.

Vlhkostní roztažnost je obecně větší než teplotní roztažnost. Omítka pracuje daleko více při zatížení vlhkostí než při zatížení teplotou. Při předpokladu nejnepříznivějšího namáhání omítky okolním prostředím můžeme uvažovat o součtu objemových změn teplotních a vlhkostních. Při součtu však musíme brát v úvahu teplotu omítky při zabudování. Ta se pohybuje okolo 20 °C, tím při teplotním namáhání pod tyto teploty dochází ke smršťování omítky a nad tyto teploty k jejímu roztahování. Pro rozdíly teplot mezi min. teplotou -9,4 °C; teplotou při zabudování 20 °C a max. teplotou 46,8 °C, jsou rozdíly $\Delta T_1 = 29,4$ K a $\Delta T_2 = 26,8$ K celkový $\Delta T = 56,2$ K, ke kterému je počítána i Δl relativní teplotní roztažnost. Abychom zohlednili toto chování omítky, zvolili jsme pro uplatnění teplotní roztažnosti do výpočtu deformace koeficient 0,6, který zahrnuje pouze její rozpínání, nikoli smršťování.

Zanedbáváme okolnost, že při největším nasáknutí omítky většinou teplota nedosáhne maxima. Omítku navrhujeme na namáhání, kdy je pevně ukotvena mezi dvě stěny v profilu dlouhém 1 m. Mezi těmito hranicemi se roztahuje, a tím v ní působí tlak. Pro celkové relativní prodloužení platí

$$\varepsilon_{\text{celk.}} = \varepsilon_{\text{vlhk.}} + 0,6 \cdot \varepsilon_{\text{tepl.}}, \quad (1)$$

kde $\varepsilon_{\text{celk.}}$ je celková relativní roztažnost v průběhu roku [-], $\varepsilon_{\text{vlhk.}}$ relativní vlhkostní roztažnost (model západní) [-], $\varepsilon_{\text{tepl.}}$ relativní teplotní roztažnost (model jižní) [-].

Tab. 5. Tepelná roztažnost pucolánových omítek

Vápenná omítka	Druh	Součinitel teplotní roztažnosti α_t [K ⁻¹]	Teplotní roztažnost			
			v průběhu roku Δl_{t1}	vnitřní a vnější líc Δl_{t2}	relativní v průběhu roku ε_{t1}	relativní (vnitřní a vnější líc) ε_{t2}
			[mm]		[mm/mm]	
běžná	S	0,000116	0,64	0,09	0,00064	0,00009
s metakaolinem	P1	0,000062	0,35	0,07	0,00035	0,00007
s mletou pálenou cihlou	P2	0,000108	0,60	0,09	0,00060	0,00009
s fritou	P3	0,000146	0,82	0,14	0,00082	0,00014

Tab. 6. Vlhkostní roztažnost pucolánových omítek

Vápenná omítka	Druh	Součinitel vlhkostní roztažnosti α_w [% hm. ⁻¹]	Roztažnost	
			na 1 m $\Delta l_{vlhk.}$ [mm]	relativní v průběhu roku $\varepsilon_{vlhk.}$ [mm/mm]
běžná	S	0,000334	0,58	0,00058
s metakaolinem	P1	0,000607	1,52	0,00152
s mletou pálenou cihlou	P2	0,000720	1,27	0,00127
s fritou	P3	0,000755	1,25	0,00125

Z maximálního relativního přetvoření můžeme vypočítat napětí [5]–[7], které působí na omítku a může způsobit vznik trhlin podle vzorce

$$\sigma_x = E \cdot \varepsilon_{celk.} \quad (2)$$

kde σ_x [MPa] je tlakové napětí od přetvoření, E [MPa] modul pružnosti v tlaku omítky a $\varepsilon_{celk.}$ [-] celková relativní roztažnost. Modul pružnosti omítky byl vypočten podle [6] jako

$$E = 1,15 \sqrt{\rho_w^3 \cdot 1,2 \cdot R_b} \quad (3)$$

kde R_b [MPa] je pevnost omítky v tlaku a ρ_w [kg/m³] objemová hmotnost omítky (tab. 7). Napětí se pak porovná s pevností omítky (tab. 8)

$$\sigma_x \leq R_b \quad (4)$$

V důsledku největšího modulu pružnosti má omítka s mletou cihlou také největší napětí od přetvoření, které však po porovnání s pevností omítky stále vyhovuje. Omítka s fritou má menší pevnost, než je předpokládané napětí od objemových změn (teplotních a vlhkostních).

Tab. 7. Napětí od celkového přetvoření

Vápenná omítka	Druh	Roztažnost Δl [mm]	Relativní přetvoření ε [mm/mm]	Modul pružnosti v tlaku E	Napětí od přetvoření σ
				[MPa]	
běžná	S	0,62	0,00062	851,4	0,53
s metakaolinem	P1	1,26	0,00126	908,8	1,15
s mletou pálenou cihlou	P2	1,26	0,00126	1651,8	2,09
s fritou	P3	1,47	0,00147	917,6	1,35

Tab. 8. Porovnání napětí od celkového přetvoření s pevností omítek

Vápenná omítka	Druh	Napětí od přetvoření σ	Pevnost omítky R_b	Porovnání
		[MPa]		
běžná	S	0,53	1,11	vyhovuje
s metakaolinem	P1	1,15	2,36	vyhovuje
s mletou pálenou cihlou	P2	2,09	4,06	vyhovuje
s fritou	P3	1,35	1,12	nevyhovuje

Diskuze

Mechanické vlastnosti, tj. pevnost v tlaku a pevnost v tahu za ohybu vápenopucolánových omítek, jsou vyšší (kromě omítky s fritou) než u klasické vápenné omítky. Je to dáno především tvorbou hydratovaných křemičitanů a hlinitanů vápenatých, které mají vyšší pevnost než uhličitan vápenatý, který vzniká karbonatací vápna. Nárůst pevnosti u omítky P3 s přísadou mletého smaltového skla je pomalejší než u P1 s metakaolinem a P2 s mletou cihlou. Zpomalení nárůstu pevnosti lze přisoudit přítomnosti bóru, který ovlivňuje tvorbu hydratačních produktů [8], a skelnému charakteru smaltové frity.

Součinitel teplotní roztažnosti omítky P1 je menší než u ostatních omítek, což je příznivá charakteristika, materiál nebude projevovat tak velké objemové změny. Ostatní omítky s pucolány mají přibližně stejné hodnoty součinitele teplotní roztažnosti. Součinitel vlhkostní délkové roztažnosti je parametr, který se zhoršil u všech vápeno-pucolánových omítek. Dvojnásobné hodnoty proti srovnávací vápenné omítce se zdají relativně vysoké. Větší součinitel vlhkostní délkové roztažnosti znamená obecně vyšší napětí způsobené

Tab. 9. Porovnání vlastností omítek

Vápenná omítka	Druh	Součinitel roztažnosti		Pevnost omítky v tlaku F [MPa]	Vznik trhlin
		teplotní α_t [K ⁻¹]	vlhkostní α_w [% hm. ⁻¹]		
běžná	S	0,0000116	0,0000334	1,11	vyhovuje
s metakaolinem	P1	53%	182%	213%	vyhovuje
s mletou pálenou cihlou	P2	93%	216%	366%	vyhovuje
s fritou	P3	125%	226%	101%	nevyhovuje

vlhkostní roztažností, čímž je kladen větší požadavek na jejich odolnost vůči těmto napětím. Nicméně výrazné zlepšení mechanických pevnostních vlastností přidavkem pucolánových přísad může dobře kompenzovat zvýšení napětí vlivem vlhkostní expanze materiálu.

Omítky s pucolány, přestože mají velkou objemovou roztažnost, stále díky své velké pevnosti vyhovují a nevznikají v nich trhliny, které by mohly vést jak k estetickým vadám, tak později ke vzniku dalších poruch v konstrukci. Výhodnost použití omítek s pucolány je shrnuta v tab. 9. Domníváme se tedy, že tato prakticky jediná negativní vlastnost v porovnání s klasickou vápennou omítkou nevyvolá negativní důsledky při aplikaci nových materiálů.

Závěr

Ze vzájemného porovnání omítek s pucolánovými přísadami a vápennou omítkou vyplývá, že u nových omítek se zvýšily hodnoty součinitele vlhkostní roztažnosti, přibližně stejné zůstaly u součinitele teplotní roztažnosti a vzrostla pevnost (tab. 9). Můžeme říci, že nové omítky, kromě pucolánové omítky s fritou, mohou nahradit z hlediska tepelné a vlhkostní roztažnosti stávající klasickou vápennou omítku. Vyšší pevnost přispěje k zamezení tvorby trhlin. Ochrana konstrukčního zdiva se tak zlepší a prodlouží se i životnost celé konstrukce.

Kunca, A. – Černý, R. – Tydlitát, V. – Rovnaníková, P.: Mechanical Exertion of Lime Plasters with Pozzolana Admixtures Caused by Changes of their Temperature and Moisture

Lime plasters as a surface finishing both in the exterior and interior are exposed to thermal and hygric stress. The numeric durability analysis of lime plaster with pozzolanic admixtures, used for the coating of the brick construction, influenced by thermal and hygric volume changes, is presented.

Článek vznikl za podpory projektu č. 103/02/1081 GA ČR.

Literatura

- [1] Kunca, A. – Tydlitát, V. – Černý, R. – Rovnaníková, P.: Mechanické, tepelné a vlhkostní vlastnosti vápenných omítek s pucolánovými přísadami. [Sborník], Kalorimetrický seminář 2003, TU–Ostrava, s. 169–172.
- [2] Tydlitát, V. – Kunca, A. – Drchalová, J. – Černý, R. – Rovnaníková, P.: Tepelné a vlhkostní vlastnosti vápenné omítky s přísadou metakaolinu. Stavební obzor, 12, 2003, č. 1, s. 122–126.
- [3] Tydlitát, V. – Kunca, A. – Drchalová, J. – Jiříčková, M. – Černý, R. – Rovnaníková, P.: Mechanické, vlhkostní a tepelné vlastnosti vápenných omítek s pucolánovými přísadami. Stavební obzor, 13, 2004, č. 2, s. 38–44.
- [4] Grunewald, J. – Funk, M.: Die thermodynamischen Grundlagen des numerischen Simulationsprogramms DELPHIN4. Tagungsband zum 11. Bauklimatisches Symposium an der TU Dresden, 2002, pp. 441–500.
- [5] ČSN 731201 Navrhování betonových konstrukcí. ČSN, 1994.
- [6] ČSN 731203 Navrhování konstrukcí z lehkého betonu z pórovitého kameniva. ČSN, 1992.
- [7] ČSN EN 998 – 1 Specifikace malt pro zdivo – Část 1: Malty pro vnitřní a vnější omítky. ČSN, 2004.
- [8] Özdemir, M. – Öztürk, N. O.: Utilization of Clay Wastes Containing Boron as Cement Additives. Cement and Concrete Research, 2003.

Kunca, A. – Černý, R. – Tydlitát, V. – Rovnaníková, P.: Der Einfluss von Temperatur- und Feuchtigkeitsspannungen auf Kalkputze mit Puzzolanzusätzen

Kalkputze fungieren häufig als äußere Schutzschicht von Konstruktionen im Innen- und Außenbereich und sind hygrothermischen Belastungen ausgesetzt. Der Artikel stellt folgende, mit Hilfe numerischer Auswertung gewonnene Untersuchungsergebnisse vor: Die durch thermische und hygrische Einflüsse verursachten Volumenveränderungen und die Dauerhaftigkeit von Kalkputzen mit Puzzolanzusätzen, welche auf Außenoberflächen verwendet werden.

PŘEDPLATNÉ

časopisu Stavební obzor
je možné objednat vyplněním elektronického formuláře na internetu na adrese

<http://web.fsv.cvut.cz/obzor>

Experimentální a počítačová analýza kombinovaného transportu vlhkosti a chloridů v cementové maltě

*Ing. Zbyšek PAVLÍK, PhD.
Ing. Milena JIŘÍČKOVÁ, PhD.
prof. Ing. Robert ČERNÝ, DrSc.
ČVUT – Fakulta stavební, Praha*

*prof. RNDr. Pavla ROVNANÍKOVÁ, CSc.
VUT – Fakulta stavební, Brno*

V článku je prezentována inverzní počítačová analýza kombinovaného přenosu vody a chloridů v cementové maltě. Na základě klasického jednorozměrného sorpčního experimentu je z naměřených profilů vlhkosti a koncentrace solí stanovena závislost efektivního součinitele difúzní vodivosti pro soli v závislosti na koncentraci solí a je určen efektivní součinitel vlhkostní vodivosti v závislosti na obsahu vlhkosti. Pro porovnání výsledků a jejich následnou interpretaci je také stanoven součinitel vlhkostní vodivosti pro destilovanou vodu na základě sorpčního experimentu realizovaného za stejných podmínek jako při sorpci roztoků solí.

Úvod

Trvanlivost a spolehlivost betonových konstrukcí ohrožují nejvíce chloridy. Jejich roztoky představují závažný problém zejména pro vyztužené betonové konstrukce, neboť jejich přítomnost může za specifických podmínek vést k narušení pasivační vrstvy výztuže, čímž dochází k její korozi a k formování korozních produktů, jejichž molární objem je téměř sedminásobně větší než původní oceli. Tyto změny evokují nárůst napětí v krycí vrstvě betonové konstrukce, v níž dochází k formování podélných trhlin a v závěrečné fázi koroze betonu k jejímu odtržení, což v důsledku značně oslabuje únosnost takto narušené konstrukce. Koroze výztuže potom ovlivňuje únavovou pevnost a deformační kapacitu oceli. Velmi diskutovanou otázkou zůstává, za jakých podmínek a při jakých koncentracích v betonu obsažené chloridy korozi výztuže způsobí. Jako doporučená prahová hodnota obsahu chloridů, stanovená z poměru koncentrací chloridů a hydroxidových iontů, je 0,6 [1]. Je však nutné si uvědomit, že koncentrace chloridů způsobující korozi výztuže je ovlivněna také dalšími parametry, jako je vlhkost betonu, vodní součinitel a obsah cementu v betonu [2]–[4].

K poruchám betonových konstrukcí působením chloridů nedochází pouze chemickou cestou (korozi), mohou být způsobeny také fyzikálními vlivy. Typickým příkladem je krystalizace chloridů v kapilárních pórech při nárůstu jejich koncentrace způsobené odpařením vody z pórového roztoku. Za nízkých teplot krystalizuje NaCl ve formě dihydrátu, $\text{NaCl} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Při teplotě 0,15 °C vzniká stabilní nasycený roztok NaCl [5]. Krystalizační tlak NaCl o velikosti 55,4 MPa způsobuje rozpad povrchových vrstev, čímž dochází k narušení jak estetické, tak statické funkce betonové konstrukce.

Chloridy však mohou negativně ovlivnit vlastnosti betonových konstrukcí také nepřímou. Pokud se používají jako rozmrazovací prostředky, je povrch betonu vystaven tepelnému šoku, který může vést k tvorbě trhlin. Při následném

cyklickém zmrazování a opětovném tání se mechanická degradace povrchových vrstev betonu urychluje. Dalším nebezpečím je cyklické navlhání a sušení, neboť dochází ke zrychlení penetrace rozpuštěných chloridů z povrchu betonové konstrukce do vnitřní struktury materiálu [6]. Dalším negativním faktorem je vysoká hygroskopičnost solí, která značně zpomaluje vysoušení betonu. Případná vlhkost může být zdrojem dalších degradačních procesů, např. již zmíněné koroze výztuže. Rychlost koroze je totiž řízena difúzí kyslíku a molekul vody ke katodě. U zcela vysušeného betonu neprobíhá stejně jako v případě, kdy jsou jeho póry zcela zaplněny pórovým roztokem. V tomto případě dochází k mnohonásobnému snížení difúzní rychlosti kyslíku a koroze je pomalá. Nejrychlejší je naopak tehdy, když se na povrchu konstrukce často střídá vysoušení a navlhání [7]. Z uvedených negativních vlivů je zřejmé, že pokud chceme předejít poškození a degradaci stavebních konstrukcí na bázi betonu, je znalost transportních parametrů solí a vody a mechanismů jejich kombinovaného přenosu nezbytná.

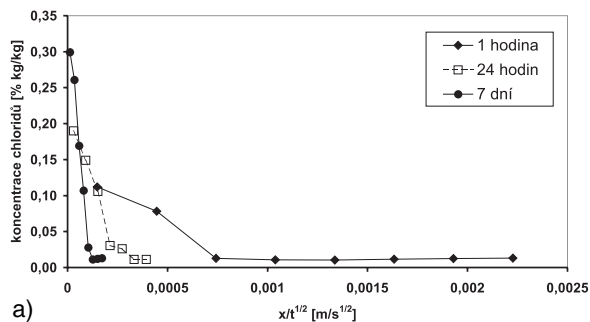
Efektivním nástrojem při stanovení životnosti betonové konstrukce je počítačové modelování transportu solí, které umožňuje predikci jejich profilů. Je však nutné si uvědomit, že modelovat pouze transport nestačí, neboť k přenosu dochází pouze ve formě roztoků. Je proto nutné vytvořit komplexní model, který řeší kombinovaný transport solí a vody v porézním prostředí. V článku je popsána počítačová inverzní analýza kombinovaného transportu vody a chloridů jako předpoklad stanovení parametrů vody a solí, které budou následně využity jako vstupní data vyvíjeného počítačového modelu pro stavební materiály.

Materiály a vzorky

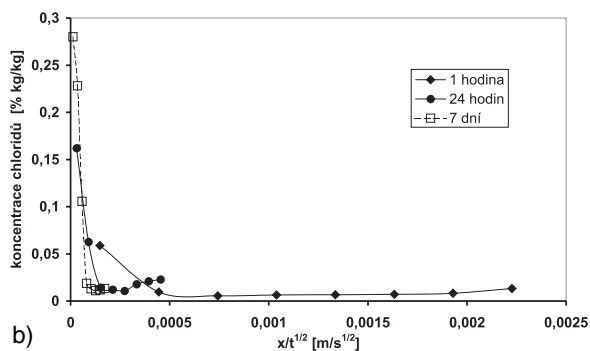
Vzorky cementové malty ze směsi portlandského cementu – 450 g (dva typy cementů pro dvě skupiny vzorků; CEM II/B-S 32.5 R Lafarge a CEM I 42.5 R Prachovice), křemenného písku se souvislou zrnitostí I, II, III (zbytky na sítích 1,6 mm 2 %, 1 mm 35 %, 0,50 mm 66 %, 0,16 mm 85 %, 0,08 mm 99,3 % podle ČSN 72 1208) – 1 350 g, vody – 225 g byly umístěny do forem ve tvaru trámečků o rozměrech 40 × 40 × 160 mm a mechanicky zhužněny. Po 24 hodinách byly vyjmuty a uloženy do prostředí se 100% relativní vlhkostí na 27 dní. Následně byly vystaveny působení laboratorních podmínek (relativní vlhkost 45 %, teplota 21 ± 1 °C) až do ustálení obsahu vlhkosti na konstantní hodnotu. Na závěr byly na podélných stranách vodotěsně a parotěsně izolovány epoxidovým lakem.

Experiment

Uspořádání bylo obdobné jako u klasických sorpčních experimentů. Čelní plocha vzorků rozměru 40 × 40 mm byla vystavena působení roztoku NaCl o koncentraci 18,195 g



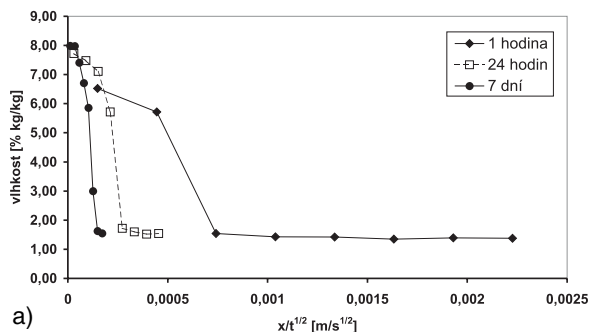
a)



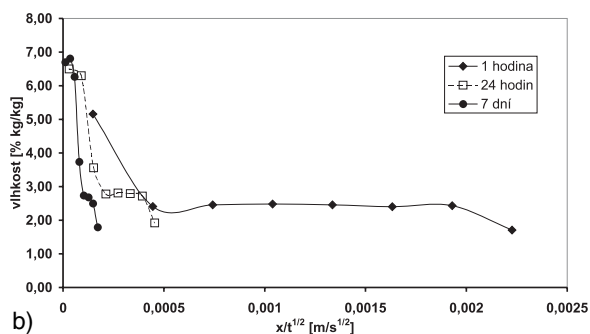
b)

Obr. 1. Profil koncentrace chloridů

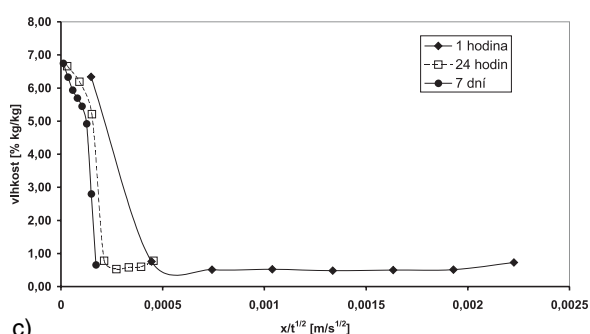
a – CEM II/B-S 32.5R Lafarge, b – CEM I 42.5R Prachovice



a)



b)



c)

Obr. 2. Vlhkostní profil

a – CEM II/B-S 32.5R Lafarge, b – CEM I 42.5R Prachovice, c – pro penetraci destilované vody CEM I 42.5R Prachovice

Cl^- v 1 l roztoku. Experiment probíhal po dobu 1 hodiny, 24 hodin a 168 hodin pro oba typy vzorků. Potom byly vzorky rozřezány na osm dílů a v každé části vzorku byl stanoven obsah vlhkosti a koncentrace chloridů. Obsah vlhkosti byl stanoven gravimetricky, vážením vlhkého a následně vysušeného vzorku. Pro určení koncentrace chloridů bylo nejprve nutné vysušené části vzorků rozemlít ve vibračním mlýnu na zrnitost menší než 0,063 mm. Z každé části bylo odebráno 10 g, které se pak louhovaly po dobu 30 minut ve 180 ml destilované vody teplé 80 °C. Pro urychlení jsme použili magnetické míchadlo. Obsah chloridů ve výluhu byl stanoven titrací roztokem dusičnanu rtuťatého za použití nitroprusidu sodného jako indikátoru.

Pro možnost porovnání vlhkostních profilů a součinitelů vlhkostní vodivosti při absorpci roztoku chloridů a při absorpci vody byl proveden experiment pro penetraci destilované vody se vzorky malty výše uvedeného složení a cementu typu CEM I 42.5 R Prachovice. Uspořádání včetně laboratorních podmínek bylo obdobné jako u experimentů s roztokem NaCl.

Inverzní počítačová analýza

Popis kombinovaného transportu vlhkosti a solí jsme zjednodušili tím, že jsme uvažovali pouze difúzní transport solného roztoku, bez křížových efektů. Získané výsledky nepředstavují základní materiálové parametry ve smyslu ireverzibilní termodynamiky. Jde o parametry, které popisují transport roztoku solí nejen pomocí difúze, ale zahrnují i další jevy, které při transportu solného roztoku porézní strukturou materiálu nastávají. Difúzní koeficienty chloridů zahrnují tedy kromě difúzního transportu solí také vliv vázaných iontů chloridů na stěny porézního prostoru a vliv transportu vlhkosti na transport chloridů (advekce).

Uvažujeme-li pouze difúzní model transportu solí, můžeme pro popis přenosu solného roztoku využít stejnou nelineární difúzní rovnici, popisující transport kapalně vlhkosti se stejnými okrajovými a počátečními podmínkami,

$$\frac{\partial C}{\partial t} = \text{div}(D(C) \text{grad } C), \quad (1)$$

$$C(0, t) = C_1, \quad (2)$$

$$C(\infty, t) = C_2, \quad (3)$$

$$C(x, 0) = C_2, \quad (4)$$

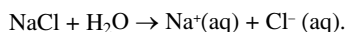
kde C je buď koncentrace vody (v kg vody na kg suchého vzorku nebo koncentrace chloridů v kg Cl^- na kg suchého vzorku), D součinitel vlhkostní vodivosti nebo součinitel difúze chloridů zahrnující jak difúzi, tak i vázané ionty a advekci chloridových iontů.

Jelikož jsme transport chloridů popsali identickou difúzní rovnicí charakteristickou pro popis transportu vlhkosti, můžeme pro inverzní analýzu naměřených křivek navlhání a profilů koncentrace solí využít stejné inverzní metody jako pro určení závislosti součinitele vlhkostní vodivosti na obsahu vlhkosti, popř. metody navržené pro stanovení závislosti součinitele tepelné vodivosti na teplotě.

Z popsáných experimentů známe křivky navlhání stejně jako profily koncentrace solí v čase $C(x, t)$ včetně počátečních a okrajových podmínek. Máme tedy všechna data nezbytná pro stanovení funkce $D(C)$ řešením inverzní úlohy přenosové rovnice (1). Na základě zkušeností s řešením inverzních úloh transportu vlhkosti a vedení tepla [7] jsme pro stanovení funkce $D(C)$ použili Matanovu metodu (původně navrženou pro řešení difúze v kovech [8], pro vlhkost např. [9]), která se pro inverzní analýzu transportu vlhkosti používá nejčastěji.

Výsledky a diskuze

Výsledky experimentálního stanovení profilů koncentrace chloridů (v % kg Cl⁻ na kg suchého materiálu a vlhkostní profily v % kg vody na kg suchého vzorku) pro oba typy cementové malty jsou uvedeny na *obr. 1* a *obr. 2*. Vyplývá z nich, že voda je transportována do vzorku mnohem rychleji než chloridy. Jejich koncentrace v místě kontaktu s penetrujícím solným roztokem byla již po 24 hodinách vyšší než koncentrace původního roztoku. To ukazuje na fakt, že část chloridových iontů je vázána na stěny porézního prostoru a dalšího transportu se již neúčastní. Porovnání vlhkostních profilů (*obr. 2b*) s výsledky získanými pro penetraci destilované vody (*obr. 2c*) ukazuje, že transport vody byl v případě penetrace solného roztoku pro časové periody 1 a 24 hodin rychlejší a pro periodu 168 hodin pomalejší než v případě penetrace destilované vody. Výsledky difúzního součinitele chloridů v závislosti na koncentraci chloridů a součinitele vlhkostní vodivosti v závislosti na obsahu vlhkosti jsou prezentovány na *obr. 3* a *obr. 4*. U obou parametrů byly získané hodnoty vyšší pro časový interval korespondující s dobou penetrace solného roztoku 24 hodin než pro periodu 168 hodin, což nás přivádí na myšlenku časové závislosti obou koeficientů. Na druhé straně, výsledky pro penetraci destilované vody (*obr. 4c*) tento fakt nepotvrzují, neboť rozdíly v součinitelích vlhkostní vodivosti pro intervaly 24 hodin a 168 hodin se pohybují na hranici chyby použitých experimentálních metod. Na základě získaných výsledků můžeme formulovat následující hypotézy vysvětlující mechanismus kombinovaného transportu vody a chloridů v cementové maltě. NaCl představuje klasický příklad iontové vazby. Disociuje ve vodě, což je doprovázeno vznikem hydratovaných iontů



Podíl iontového charakteru *IC* vazby Na – Cl můžeme vyjádřit vztahem

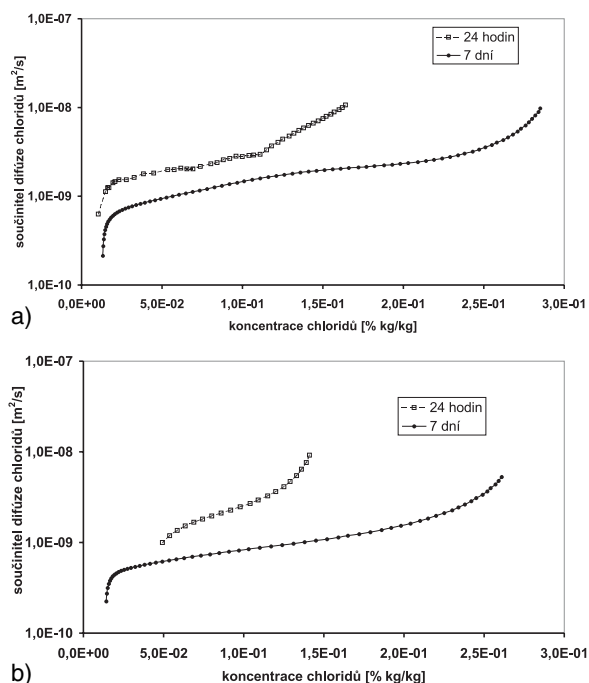
$$\% IC = \{1 - \exp[-0,25(X_{\text{Na}} - X_{\text{Cl}})^2]\} \times 100 = 55,5,$$

kde X_{Na} je elektronegativita Na, $X_{\text{Na}} = 1$, X_{Cl} je elektronegativita Cl, $X_{\text{Cl}} = 2,8$. Tento podíl iontové vazby je relativně vysoký a vytváří velmi dobré předpoklady pro vytváření van der Waalsových vazeb mezi disociovanými ionty NaCl a molekulami stěn pórového prostoru.

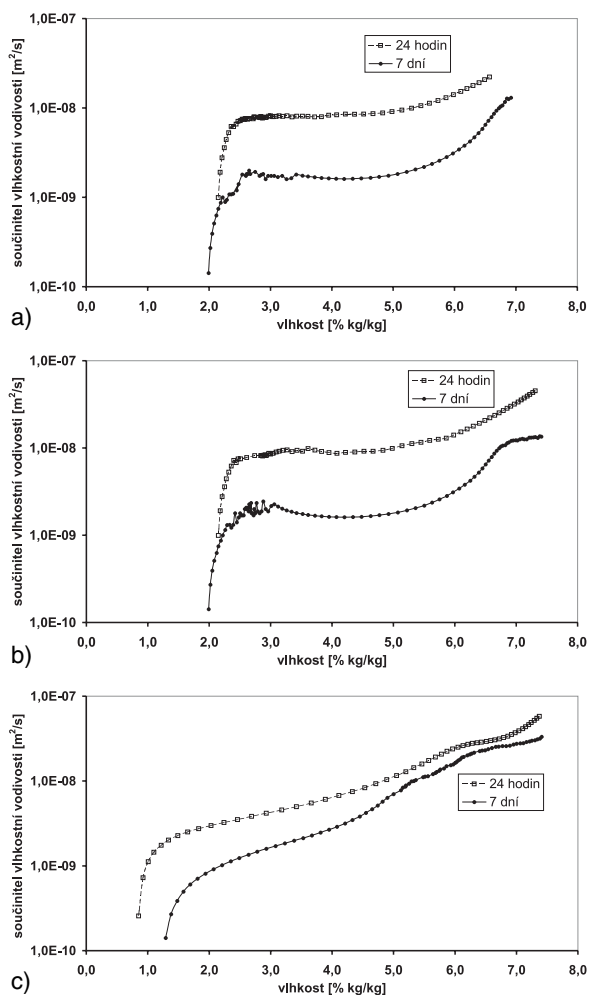
Póry materiálů na bázi cementu mají stěny tvořeny hydratovanými křemičitany a hliníty vápenatými. Zaměřme-li se pouze na křemičitany, z rozdílu elektronegativity křemíku a kyslíku ($X_{\text{O}} = 3,5$, $X_{\text{Si}} = 1,7$) vyplývá kovalentně polární charakter Si – O vazby s $\% IC = 55,5$. Tento fakt umožňuje vznik van der Waalsových vazeb, které způsobují adsorpci iontů přítomných v penetrujícím roztoku na stěny pórů.

Vazbu mezi kyslíkem a vodíkem v molekule vody charakterizujeme také jako kovalentně polární. Polaritu této vazby můžeme, stejně jako v případě vazeb předchozích, vyjádřit pomocí elektronegativity jednotlivých složek. Jestliže elektronegativita kyslíku $X_{\text{O}} = 3,5$ a elektronegativita vodíku $X_{\text{H}} = 2,2$, podíl iontového charakteru $\% IC$ H – O vazby je 34,5. Polarita vazby H – O vede na jedné straně k vytváření vodíkové vazby mezi molekulami vody, na druhé straně způsobuje také vznik van der Waalsových vazeb mezi molekulami vody a povrchem pórů. Tyto vazby jsou však mnohem slabší než mezi disociovanými ionty Cl⁻ a Na⁺ z důvodu nižších částečných nábojů. Proto jsou ionty Cl⁻ a Na⁺ adsorbovány na stěny pórů rychleji než molekuly vody.

V důsledku rychlé adsorpcce iontů Cl⁻ a Na⁺ na stěny pórů je část molekul chloridů imobilizována a další fáze trans-



Obr. 3. Součinitel difúze chloridů
a – CEM II/B-S 32.5R Lafarge, b – CEM I 42.5R Prachovice



Obr. 4. Součinitel vlhkostní vodivosti
a – CEM II/B-S 32.5R Lafarge, b – CEM I 42.5R Prachovice,
c – pro destilovanou vodu CEM I 42.5R Prachovice

portu solného roztoku porézni strukturou materiálu se již neúčastní. Parametry transportu solného roztoku budou tedy menší než parametry transportu vody. Pro popsání těchto jevů je nutné využít fenomenologické modely se začleněním vazebných izoterem iontů solí jako akumulací parametru transportu solí [7].

Molekuly vody nemohou být adsorbovány na stěny pórů v takovém rozsahu jako bez přítomnosti iontů solí, neboť část potenciálních van der Waalsových vazeb pro adsorpci molekul vody na stěny porézního prostoru je blokována chloridovými ionty. Z tohoto důvodu jsou transportovány pomocí rychlejších kapilárních sil rychleji než při transportu vody. Při rychlejším transportu vlhkosti poté dochází ke zvýšení hodnot parametrů popisujících transport vlhkosti.

Vlivem jevů charakteristických pro transport chloridů v porézních materiálech na bázi cementu dochází po určité době k částečné separaci molekul vody a chloridových iontů v roztoku, penetrační roztok je zředěn a molekuly vody mohou být adsorbovány stěnami pórů ve vyšší míře, stejně jako v případě, kdy v penetrujícím roztoku ionty chloridů nejsou přítomny. Proti počáteční fázi dochází k poklesu parametrů vlhkosti a významu nabývá viskozita chloridového roztoku v porovnání s destilovanou vodou. Hodnota difúzního koeficientu chloridů také klesá, neboť klesá počet vázaných iontů na stěnách pórů, které jsou ve stanoveném součiniteli difúze chloridů zahrnuty. Dominantním se stává transport iontů v roztoku, na rozdíl od počáteční fáze, v níž bylo dominantním jevem vázání iontů chloridů na stěny pórů.

Závěr

Teoretický a experimentální rozbor kombinovaného transportu vlhkosti a solí patří k aktuálním tématům při popisu jevů v porézních materiálech na bázi cementu, nicméně tato problematika není zdaleka uspokojivě vyřešena. Výsledky provedené analýzy by měly přispět k porozumění základním mechanismům řídicím kombinovaný transport vlhkosti a chloridů v cementové maltě na základě jednoduchých experimentů a metod inverzní analýzy transportu vlhkosti a solí. Pro zjednodušení jsme použili difúzní model, který sice pro popsání transportu, a zejména adsorpcie části chloridových iontů, není nejnvhodnější, zcela však postačuje pro identifikaci základních jevů provázejících transport chloridů v cementové maltě.

Článek vznikl na základě podpory projektu č. 103/04/P085 GA ČR.

Literatura

- [1] Tuuti, K.: Corrosion of Steel in Concrete. Stockholm, Swedish Cement and Concrete Research Institute 1982.
- [2] Neville, A.: Chloride Attack of Reinforced Concrete: an Overview. Materials and Structures, Vol. 28, 1995, pp. 63–70.
- [3] Delegrave, A. et al.: Influence of Chloride Ions and Level on the Durability of High Performance Cement Pastes – Part II. Cement and Concrete Research, Vol. 26, 1996, pp. 749–760.
- [4] Thangavel, K. – Rengaswamy, N. S.: Relation Between Chloride/Hydroxide Ratio and Corrosion Rate of Steel in Concrete. Cement and Concrete Composites, Vol. 20, 1998, pp. 283–292.
- [5] Remy, H.: Inorganic Chemistry. Prague, SNTL 1961.
- [6] Rostam, S.: Service Life Design – the European Approach. Concrete International, Vol. 15, 1993, pp. 24–32.
- [7] Černý, R. – Rovnaníková, P.: Transport Processes in Concrete. London, Spon Press 2002.

- [8] Matano, C.: On the Relation between the Diffusion Coefficient and Concentration of Solid Metals. Jap. J. Phys., Vol. 8, 1933, pp. 109–115.
- [9] Drchalová, J. – Černý R.: Non Steady-State Methods for Determining the Moisture Diffusivity of Porous Materials. Int. Comm. Heat and Mass Transfer, Vol. 25, 1998, pp. 109–116.

Pavlík, Z. – Jiříčková, M. – Rovnaníková, P. – Černý, R.: Experimental and Computational Analysis of Coupled Water and Chloride Transport in Cement Mortar

A computational inverse analysis of coupled water and chloride transport in cement mortar is done in this paper. On the basis of an experiment performed in the conditions of one-sided chloride-in-water solution uptake into dry specimens both the apparent chloride diffusion coefficient in dependence on chloride concentration and apparent moisture diffusivity in dependence on moisture content are determined. For the sake of comparison, the moisture diffusivity is also measured for distilled water in otherwise identical conditions.

Pavlík, Z. – Jiříčková, M. – Rovnaníková, P. – Černý, R.: Experimentelle und Computeranalyse des kombinierten Transports von Feuchtigkeit und Chloriden im Zementmörtel

In der Arbeit wird eine inverse Computeranalyse der kombinierten Beförderung von Wasser und Chloriden im Zementmörtel vorgestellt. Auf der Basis eines klassischen Sorptionsexperiments in einer Richtung wird aus den gemessenen Feuchtigkeits- und Salzkonzentrationsprofilen die Abhängigkeit des effektiven Diffusionsleitkoeffizienten für Salze in Abhängigkeit von der Salzkonzentration und der effektive Feuchtigkeitsleitkoeffizient in Abhängigkeit vom Feuchtegehalt festgestellt. Zum Vergleich der ermittelten Ergebnisse und zu ihrer nachfolgenden Interpretation wird auf Grund eines unter den gleichen Bedingungen wie bei der Sorption der Salzlösungen realisierten Sorptionsexperiments auch der Feuchtigkeitsleitkoeffizient für destilliertes Wasser ermittelt.

Stavební obzor na CD

Ročníky

2002, 2003 a 2004

ve formátu pdf si lze objednat u distributora, popř. v redakci našeho časopisu

Cena:

1 ročník na CD
včetně krabičky a přebalu 400 Kč
poštovné + balné (dobírka) 100 Kč

Objednávky:

Ing. Milan Gattringer, MG DTP, Borovanská 3388,
143 00 Praha 4, tel./fax: 241 770 220,
e-mail: mgdtp@volny.cz

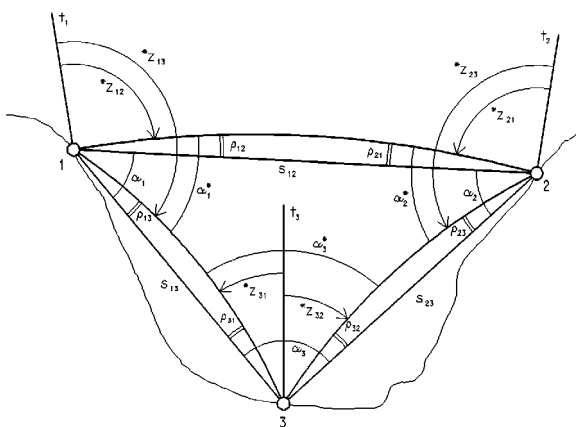
Snížení vlivu refrakce na měřené zenitové úhly Sanchezovou metodou

doc. Ing. Radim BLAŽEK, CSc.
Dr. Ing. Zdeněk SKOŘEPA
ČVUT – Fakulta stavební
Praha

Teoretickým základem netradičního způsobu určování vlivu refrakce na měřené zenitové úhly při trigonometrickém určování velkých výškových rozdílů v horském terénu může být Sanchezova metoda. Článek uvádí výsledky v pořadí již druhého ověřování dosažitelné přesnosti šikmých délek metodou GPS na vědeckovýzkumné síti ve Starém Městě pod Sněžníkem.

Úvod

Sanchezova metoda byla poprvé publikována argentinským geodetem R. N. Sanchezem v letech 1962 a 1967 a do dnešní podoby rozpracována T. Wunderlichem v roce 1980 [4]. Na našem území byla poprvé experimentálně ověřena autory článku v roce 2002 a výsledky publikovány v [1]. Touto metodou se určuje obecně šest refrakčních úhlů ρ_{12} , ρ_{13} , ..., ρ_{32} pomocí měřených zenitových úhlů z_{12}^* , z_{13}^* , ..., z_{32}^* (ovlivněných refrakcí) a měřených šikmých délek s_{12} , s_{13} , s_{23} ve svislém trojúhelníku 1, 2, 3 – viz schéma na obr. 1, kde pro přehlednost nejsou nakreleny tečny k refrakčním křivkám. Pro využití metody v praxi jsou body 1 a 2, jejichž nadmořskou výšku chceme určit, na vrcholcích kopců a bod 3 je zvolen (jeho výšku lze určit geometrickou nivelací) v údolí ve svislé rovině proložené oběma určovanými body. Z rozdílů měřených zenitových úhlů lze snadno určit v tomto trojúhelníku úhly α_1^* , α_2^* , a α_3^* (jsou ovlivněny refrakcí). Odpovídající úhly α_1 , α_2 a α_3 se vypočtou z přesně měřených délek pomocí kosinové věty.



Obr. 1. Svislý trojúhelník

Z předchozího odstavce je zřejmé, že Sanchezova myšlenka je velmi jednoduchá, ale úspěšnost jejího praktického využití je závislá na přesnosti měřených délek a dále na konfiguraci bodů, resp. tvaru svislého trojúhelníka (jeho obsahu). Podle [1] klesá od ideálního rovnoramenného trojúhelníka až po štíhlý trojúhelník, dále je třeba připustit vliv relativních tížnicových odchylek na měřené zenitové úhly

(pro délky do 3 km lze vliv relativních tížnicových odchylek na měřené zenitové úhly na území České republiky zpravidla zanebat).

Geometrické podmínky (princip řešení)

Ve svislém trojúhelníku 1, 2, 3 lze sestavit šest geometrických podmínek pro určení vlivu vertikální složky refrakce z geodetických měření:

a) z rozdílů úhlů (vypočtených z délek a měřených zenitových úhlů) dostaneme tři lineární rovnice (obr. 1). Každá obsahuje dva z celkem šesti neznámých refrakčních úhlů

$$\begin{aligned} 1. \quad \rho_{13} - \rho_{12} &= \arccos \frac{s_{12}^2 + s_{13}^2 - s_{23}^2}{2 s_{12} s_{13}} - (z_{13}^* - z_{12}^*) = w_1, \\ 2. \quad \rho_{23} - \rho_{21} &= \arccos \frac{s_{12}^2 + s_{23}^2 - s_{13}^2}{2 s_{12} s_{23}} - (z_{23}^* - z_{21}^*) = w_2, \\ 3. \quad \rho_{31} + \rho_{32} &= \arccos \frac{s_{13}^2 + s_{23}^2 - s_{12}^2}{2 s_{13} s_{23}} - (z_{31}^* + z_{32}^*) = w_3. \end{aligned}$$

Součet ($w_1 + w_2 + w_3$) je úhlový uzávěr ve svislém trojúhelníku;

b) druhou skupinu tří lineárních rovnic pro každé dva neznámé refrakční úhly napíšeme pomocí známých vztahů, které platí mezi oboustranně měřenými zenitovými úhly (obr. 2)

a geocentrickým úhlem φ ($\varphi_{ij} = \frac{s_{ij} \sin z_{ij}^*}{R + H_m} \frac{200}{\pi}$ [gon]), který je nutno vypočítat s přesností 0,05 mgon pro střední nadmořskou výšku H_m

$$\begin{aligned} 4. \quad \rho_{12} + \rho_{21} &= (200 \text{ gon} + \varphi_{12}) - (z_{12}^* + z_{21}^*) = w_4, \\ 5. \quad \rho_{23} + \rho_{32} &= (200 \text{ gon} + \varphi_{23}) - (z_{23}^* + z_{32}^*) = w_5, \\ 6. \quad \rho_{13} + \rho_{31} &= (200 \text{ gon} + \varphi_{13}) - (z_{13}^* + z_{31}^*) = w_6. \end{aligned}$$

Těchto šest lineárních rovnic se zapíše maticově $\mathbf{A}\rho = \mathbf{w}$. V rozepsané podobě je

$$\begin{pmatrix} -1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \rho_{12} \\ \rho_{13} \\ \rho_{21} \\ \rho_{23} \\ \rho_{31} \\ \rho_{32} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} w_1 \\ w_2 \\ w_3 \\ w_4 \\ w_5 \\ w_6 \end{pmatrix}, \quad (1)$$

kde matice soustavy \mathbf{A} řádu 6 je singulární s hodnotí $h(\mathbf{A}) = 5$.

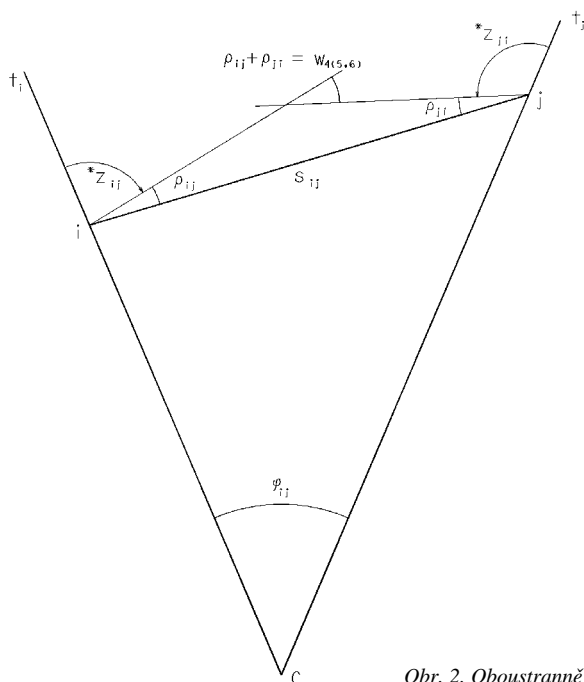
Soustava se řeší pomocí singulárního rozkladu. Podle [3] se určí singulární rozklad matice soustavy

$$\mathbf{A} = \mathbf{U}\mathbf{S}\mathbf{V}^T, \quad (2)$$

kde \mathbf{U} , \mathbf{V} a \mathbf{S} označuje čtvercové ortonormální matice a diagonální matici s prvky $\sigma_{ii} = \sigma_i \geq 0$. Čísla σ_i jsou singulár-

ní čísla matice **A** (její hodnota je rovna počtu nenulových singulárních čísel matice).

$$S = \text{diag}(2; 1,7320508; 1,7320508; 1; 1; 0) .$$



Obr. 2. Oboustranně zaměřená spojnice

Za matici soustavy (1) se dosadí její singulární rozklad podle (2)

$$USV^T \rho = w .$$

Označí se $V^T \rho = t$, $U^T w = d$, potom místo soustavy (1) se řeší soustava $S t = d$. V rozepsaném tvaru

$$\begin{pmatrix} \sigma_1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \sigma_2 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \sigma_3 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \sigma_4 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \sigma_5 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} t_1 \\ t_2 \\ t_3 \\ t_4 \\ t_5 \\ t_6 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} d_1 \\ d_2 \\ d_3 \\ d_4 \\ d_5 \\ d_6 \end{pmatrix} \quad \left. \begin{array}{l} t_i = \frac{d_i}{\sigma_i}, \sigma_i \neq 0, \\ i = 1, 2, \dots, 5, \\ t_6 \text{ je libovolné} \\ \text{pro } \sigma_6 = 0. \end{array} \right\} \quad (3)$$

Zpětnou substitucí $\rho = V t$ dostaneme obecné řešení úlohy

$$\rho = \begin{pmatrix} v_{11} & \dots & v_{15} & v_{16} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ \vdots & \mathbf{V}_1 & \vdots & \mathbf{V}_2 \\ v_{61} & \dots & v_{65} & v_{66} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} t_1 \\ \vdots \\ t_5 \\ t_6 \end{pmatrix} = \mathbf{V}_1 \begin{pmatrix} t_1 \\ \vdots \\ t_5 \end{pmatrix} + t_6 \mathbf{V}_2 = \mathbf{V}_1 t_1 + t_6 \mathbf{V}_2 . \quad (4)$$

Jsou tři možnosti, jak zvolit volný parametr t_6 , a to:

- vybere se řešení, které má $t_6 = 0$ ($t_1^2 + t_2^2 + \dots + t_5^2 = \rho_{12}^2 + \rho_{13}^2 + \dots + \rho_{32}^2 = \min$);
- $\rho_{12} = \rho_{21}$ (aplikován model s konstantním refrakčním úhlem, resp. konstantním refrakčním koeficientem pro záměr **1-2** a **2-1**);
- $\rho_{31} = \rho_{32}$ (konstantní refrakční úhel, nikoliv refrakční koeficient, pro stanovisko **3**, protože délky záměr jsou obecně různé).

Výsledky experimentálních měření

V pořadí již druhé experimentální ověření Sanchezovy metody bylo zcela nezávisle provedeno v nově vytyčeném

svislém trojúhelníku, který patří do konfigurace výzkumné sítě ve Starém Městě pod Sněžníkem, má přibližně dvakrát větší délky a téměř pětinasobný výškový rozdíl proti prvnímu experimentu [1]. Jednotlivé body mají odlišný způsob stabilizace. Bod 1 je stabilizován zabetonovaným stabilizačním hřebem na bunkru bývalého pohraničního opevnění na Tetřeví hoře, bod 2 je stabilizován nivelačním kamenem s hřebovou nivelační značkou s vrtaným otvorem a bod 3 žulovým mezníkem s křížkem a nalepenou centrační značkou pro přesnou centraci. Jejich přibližné nadmořské výšky jsou 1 235 m, 740 m a 584 m. Body tvoří podle předpokladu přibližně svislou rovinu. Bod 3 je navíc přístupný nivelačnímu měření po značené polní cestě a je vzdálen přibližně 1 km severně od Starého Města pod Sněžníkem.

V trojúhelníku byly postupně excentricky změřeny oboustranné zenitové úhly. Za měřickou jednotku bylo zvoleno zaměření zenitového úhlu na dvě symetrická rozhraní (černá x bílá) záměrného válce (obr. 3). U nejdlejší



Obr. 3. Černobílý válcový signál

strany bylo nutno cílit na střed bílého pruhu válcového signálu. V obou případech byla vypočtena redukovaná výška cíle, která řeší opravu měřeného zenitového úhlu z tloušťky (poloměru) válcového signálu. Na každé rozhraní (resp. střed) byly zaměřeny dvě laboratorní jednotky (každá sestává z dvanácti cílení) [2]. Měření probíhalo postupně na jednotlivých bodech za proměnlivého počasí vteřinovými teodolity Zeiss Theo 010B. Excentricky změřené zenitové úhly byly přecentrovány na spojnice stabilizačních značek (z_{ij}^* , z_{ji}^*). Šikmé délky těchto spojnic byly určeny ze současného měření GPS (Global Positioning System) a jejich směrodatná odchylka je $\sigma_s = 1,5$ mm.

Refrakční úhly vypočtené podle různé volby parametru z_6 jsou uvedeny v tab. 1, refrakční koeficienty k (0,105 až 0,252) v tab. 2. Známa konstantní hodnota $k = 0,13$, určená C. F. Gausssem, neplatí ani jako průměrná hodnota (0,169).

Tab. 1. Refrakční úhly

Spojnice	Šikmá délka [m]	Zenitový úhel [gon]	ρ [mgon]		
			1	2	3
1-2	6814,920	104,66717	6,10	6,04	6,35
2-1		95,38856	5,98	6,04	5,73
1-3	4497,774	109,28220	3,27	3,21	3,52
3-1		90,75660	2,33	2,39	2,08
2-3	2351,591	104,23385	2,89	2,95	2,64
3-2		95,78484	1,83	1,77	2,08

Trigonometrické výškové rozdíly v tab. 3 jsou vypočteny ze vzorce pro jednostranně zaměřený trigonometrický výškový rozdíl

$$h_{ij} = s_{ij} \frac{\cos(z_{ji}^* + \rho_{ij} - \varphi_{ij}/2)}{\cos \frac{\varphi_{ij}}{2}} = -s_{ij} \frac{\cos(z_{ji}^* + \rho_{ji} - \varphi_{ij}/2)}{\cos \frac{\varphi_{ij}}{2}}$$

(výškový uzávěr je nula).

Pro úplnost jsou v tab. 4 vypočteny výškové rozdíly podle vzorce pro oboustranně zaměřený trigonometrický výškový rozdíl

$$h_{ij} = s_{ij} \frac{\sin \frac{z_{ji}^* - z_{ij}^*}{2}}{\cos \frac{\varphi_{ij}}{2}}$$

Za předpokladu stejného vlivu refrakce na obou koncích záměry (model s konstantním refrakčním koeficientem pro záměru) se její vliv vyloučí, což platí pro málo skloněné záměry.

Tab. 2. Refrakční koeficienty

Spojnice	Středový úhel φ [gon]	k		
		1	2	3
1-2	0,0678	0,180	0,178	0,187
2-1		0,176	0,178	0,169
1-3	0,0444	0,147	0,145	0,159
3-1		0,105	0,108	0,094
2-3	0,0234	0,247	0,252	0,226
3-2		0,156	0,151	0,178
průměrná hodnota k a její směrodatná odchylka		0,169	0,169	0,169

Tab. 3. Výškové rozdíly h

Spojnice		h [m]		
č.	sklon [%]	1	2	3
1-2	7,3	-496,198	-496,191	-496,224
2-3	6,7	-155,953	-155,955	-155,944
3-1	14,6	+652,151	+652,147	+652,169

Tab. 4. Výškové rozdíly h vypočtené z oboustranně měřených zenitových úhlů

Spojnice	h [m]
1-2	-496,191
2-3	-155,933
3-1	+652,118
výškový uzávěr	-0,006

Závěr

Podle dostupných informací jde o druhé experimentální ověření Sanchezovy metody na území České republiky. Svislý trojúhelník, který byl vytvořen v síti ve Starém Městě pod Sněžníkem, stále ještě není z hlediska tvarového ideální (max. výškový rozdíl 652 m na vzdálenost 4 500 m odpovídá necelým 15 % sklonu záměry). Přesto se podařilo určit vzhledem k vysoké přesnosti měřených šikmých délek získaných metodou GPS refrakční úhly s přesností charak-

terizovanou směrodatnou odchylkou $\sigma_p = 0,44$ mgon vztáženou k průměrné délce strany v našem svislém trojúhelníku. Tato skutečnost významně zvyšuje kvalitu trigonometricky určených výškových rozdílů a následně i nadmořských výšek na úrovni přesnosti dosahované v nivelačních sítích IV. řádu (podrobné výškové bodové pole).

Príspevek byl vypracován v rámci výzkumného záměru MSM 2100000022 „Laserové systémy a jejich aplikace (vliv atmosféry na geodetická měření)“.

Literatura

- [1] Blažek, R. – Skořepa, Z.: Určení vlivu vertikální složky refrakce na měřené zenitové úhly Sanchezovou metodou. Geodetický a kartografický obzor, 49/91, 2003, č. 4, s. 67–70.
- [2] Hradílek, L.: Vysokohorská geodézie. Praha, Academia 1984.
- [3] Zvára, K.: Regresní analýza. Praha, Academia 1989.
- [4] Wunderlich, T.: Die voraussetzungsfree Bestimmung von Refraktionswinkeln. Wien, Technische Universität 1985, Heft 26, s. 71–77.

Blažek, R. – Skořepa, Z.: Reduction of the Effect of Refraction on the Measured Zenith Angles Using the Sanchez Method

The Sanchez method may become a theoretical basis of nontraditional determination of the effect of refraction on the measured zenith angles applied in trigonometric determination of major height differences in the mountains. This paper presents the outcomes of the second testing of achievable accuracy of slope lengths using the GPS method in the research network in Staré Město below Sněžník.

Blažek, R. – Skořepa, Z.: Herabsetzung des Einflusses der Refraktion auf gemessene Zenitwinkel mit der Sanchez-Methode

Theoretische Grundlage einer unkonservativen Art der Bestimmung des Einflusses der Refraktion auf gemessene Zenitwinkel bei der trigonometrischen Bestimmung großer Höhendifferenzen im bergigen Gelände kann die Sanchez-Methode sein. Der Artikel führt die Ergebnisse einer in der Reihenfolge bereits zweiten Überprüfung der erreichbaren Genauigkeit der schrägen Längen mit dem GPS – Verfahren für wissenschaftliche Untersuchungsnetze in Staré Město unterhalb des Sněžník (Grülicher Schneeberg) an.

• **dizertace**



Využití matematických modelů pro zpřesnění konzumních křivek

Ing. Jan Špatka

Práce pojednává o využití matematických modelů pro stanovení měrných křivek průtoků, pro jejich analýzu a tvorbu obecné metodiky jejich extrapolace. Potřeba revize současných metod se ukázala během povodní v roce 1997 a 2002. V práci je analyzována řada říčních profilů z hlediska vlivu parametrů na konzumní křivku a její hysterezi při průchodu povodňové vlny.

Ověřování průmyslové stanice Leica TDA 5005

Ing. Tomáš SILOVSKÝ
 ČVUT – Fakulta stavební
 Praha

Článek informuje o základních vlastnostech totální stanice Leica TDA 5005, principu měření délek, úhlů a funkci kompenzátoru, výsledcích úhlové a délkové zkoušky.

Úvod

V dnešní době se v geodetické praxi stále častěji objevují zakázky, které pro své vysoké požadavky na přesnost měření není možné zpracovat běžnými totálními stanicemi. Firma GEFOS v rámci rozšiřování svých služeb v oblasti inženýrské geodézie zakoupila na konci roku 2003 novou, v naší republice první, totální stanici od firmy Leica – TDA 5005 (obr. 1). Tato stanice je jedním z nejpřesnějších měřických přístrojů na světě, patří do řady TPS 5000. Její přesnosti odpovídá i cena cca 1,5 mil. Kč. Pro své technické parametry je vhodná jako součást měřických systémů [1], které dokáží určit za určitých podmínek prostorové souřadnice malých strojírenských objektů s přesností setin milimetru.



Obr. 1. Totální stanice Leica TDA5005

Svým designem se podobá stanicím nižší řady od firmy Leica (TCA 1800, TC 1700), od kterých se neliší základním softwarem ani uživatelským prostředím. Přístroj není vybaven optickým ani laserovým centrovačem, neboť jeho přesnost je mnohem vyšší než ta, které je možné dosáhnout i se speciálními centrovači. Přesnost v určení prostorových souřadnic má být do 0,3 mm do vzdálenosti cca 100 m [2]. Úhlová přesnost 0,5", resp. 0,15 mgon, odpovídá příčné odchylce 0,012 mm na vzdálenost 5 m. Přístroj má nekonečně jemné ustanovky, které jsou „volně pohyblivé“ na prstenci pod korpusem přístroje. Na též prstenci jsou umístěny i samostatné mikrospínače pro sběr dat bez kontaktu s korpusem přístroje, díky nimž je vyloučena chyba ze stisku

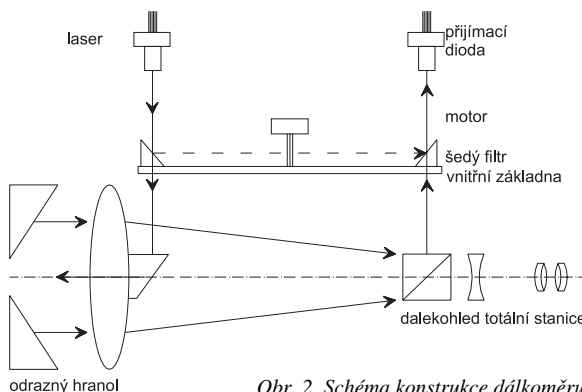
tlačítka. Řada TPS 5000 má celkem tři typy přístrojů:

- TM 5100A teodolit s prodlouženým (panfokálním) dalekohledem,
- TDM 5005 motorizovaná totální stanice,
- TDA 5005 automatizovaná totální stanice.

Princip měření

■ Měření délek

Přístroj je vybaven zabudovaným elektronicko-optickým dálkoměrem, jehož uváděná přesnost je 1 mm + 2 ppm (ppm = $10 \cdot 10^{-6}$) s dosahem 3,5 km při měření na jeden hranol. Jako zdroj světla pro měření na hranoly a fólie je využívána dioda LED s emitujícím zářením vlnové délky 780 nm.



Obr. 2. Schéma konstrukce dálkoměru

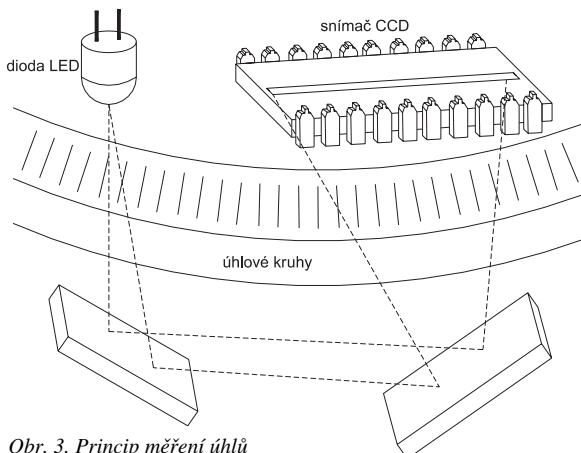
Emitovaný a upravený paprsek je vyzařován přímo v optické ose dalekohledu totální stanice. Díky tomu, že všechny optické cesty jsou svedeny koaxiálně s hlavní optickou osou dalekohledu (se záměrnou přímkou), odpadá jakékoliv komplikace způsobené excentricitami jednotlivých zařízení (obr. 2). Fyzikální redukce měřených dat jsou, po ručním zadání změřených parametrů atmosféry (teplota, tlak, vlhkost), automaticky prováděny před zobrazením či registrací.

Matematické redukce jsou prováděny taktéž automaticky. Při samočinném převodu šikmé délky na vodorovnou a při výpočtu převýšení je pro krátké vzdálenosti brán v úvahu refrakční koeficient (pro ČR $k = 0,13$) a zakřivení zemského povrchu (poloměr Země $r = 6\,378$ km).

■ Měření úhlů

U totálních stanic od firmy Leica je použit stejný princip odečítání úhlů, který je pouze modifikován pro různou přesnost, od totálních stanic základní řady (2 mgon) až po přesné přístroje používané v průmyslovém odvětví (inženýrsko-průmyslovou geodézií, 0,15 mgon). Přístroje používají absolutní, statickou, opticko-elektronickou metodu odečítání. Základem je řádkový snímač CCD a skleněné úhlové kruhy s jedinou ryskovou stupnicí při obvodu (obr. 3). Stupnice na kruhu je uzpůsobena tak, že poskytuje poziční informace potřebné k určení natočení. Kód stupnice je prostřednictvím diody LED a dvojího průchodu světla kruhem promítán na snímač, kde je přečten s osmibitovým

převodníkem A/D a poskytuje přibližnou informaci o poloze kruhu (měřený vodorovný směr či zenitový úhel) s přesností kolem 0,3 gon.



Obr. 3. Princip měření úhlů

Další, přesné určení čtení je vyřešeno statickým zpracováním. Vypočte se průměr poloh kódových rysek, které se promítají na snímač CCD. Zobrazí se na něj přibližně šedesát rysek, ze kterých se určí střed; pro jednoznačné určení postačí již deset rysek. Tak je zajištěna spolehlivá interpolace a vysoká přesnost měření.

Před zobrazením a registrací se hodnoty vodorovných směrů automaticky opraví o vypočtenou korekci na základě:

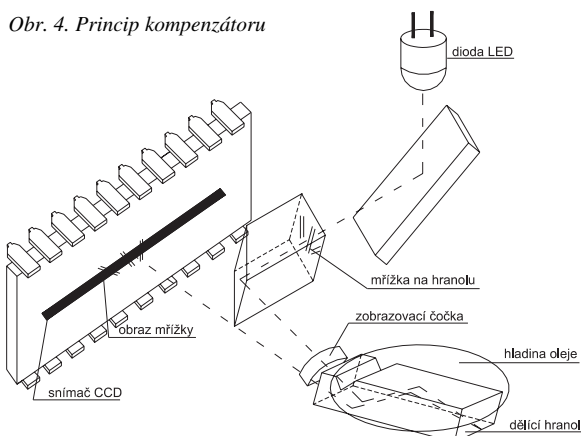
- stávajícího náklonu přístroje, který se zjišťuje průběžně během měření dvouosým kompenzátorem;
- kolimační chyby, tj. hodnoty, kterou může uživatel po kontrole osových podmínek změnit a uložit do paměti přístroje.

Stejně tak zenitové úhly měřené v jedné poloze jsou před zobrazením a registrací (a před použitím pro redukci délek) automaticky opraveny o stávající náklon přístroje ve směru záměry a o indexovou chybu zjištěnou při předchozí kalibraci, uloženou v paměti.

■ Kompenzátor

Přístroj je vybaven dvouosým kompenzátorem (obr. 4), který jako referenční horizont používá hladinu kapaliny (oleje). Obrazec mřížky je na počátku optické cesty osvětlen diodou LED, a poté promítán na lineární, jednorozměrný řádkový snímač CCD.

Obr. 4. Princip kompenzátoru



Mezitím paprsek prochází zobrazovací čočkou, dělícím hranolem a dochází k jeho dvojímu odrazu o olejovou hladinu. Vzor linií mřížky je ve třech různých směrech, a tak se obě složky náklonu dají zjistit při použití pouze jednoho sní-

mače. Příčná složka sklonu posunuje celý obrazec po snímači. Podélná složka způsobuje změnu vzdálenosti mezi obrazy různě orientovaných linií.

Postup ověřování

■ Měření vodorovných směrů

Přesnost měření vodorovných směrů se ověřovala podle normy [3]. Ze stanoviska *O* azimutální základny Židovské Pece (Praha–Žižkov) byla provedena dvě měření (každé v jiném dni). Obě sestávala ze čtyř oddělených skupin měření směrů OA_i , OB_i , OC_i a OD_i . Každá skupina se měřila v I. poloze dalekohledu v pořadí $A_i - B_i - C_i - D_i$ a ve II. poloze v pořadí $D_i - C_i - B_i - A_i$. Každá následující skupina byla změřena s posunutým počátkem vodorovného kruhu o 50 gon. Zkoušky proběhly ve třech sériích. Signalizace bodů na kratší záměry (do 30 m) byla provedena speciálními odraznými hranoly (obr. 5).



Obr. 5. Sada speciálních hranolů od firmy Leica

Pro zkoušku měření na vzdálené cíle (150 až 300 m) byly vybrány čtyři patky antén na střechách okolních domů. Celkovou směrodatnou odchylku ψ_i měřeného vodorovného směru ve dvou polohách ze dvou sérií uvádí tab. 1. Zjištěné hodnoty odpovídají údajům výrobce 0,15 mgon.

Tab. 1. Směrodatná odchylka ψ_i měřeného směru v 1. skupině

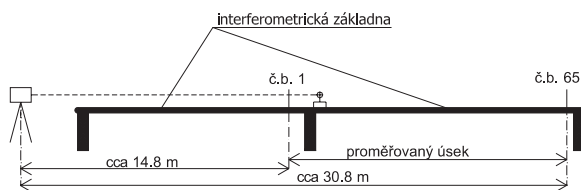
Vzdálenost cílů [m]	ψ_i [mgon]
4 – 5	0,22
20 – 30	0,15
150 – 300	0,12

■ Měření svislých úhlů

Přesnost měření svislých úhlů se ověřovala postupem uvedeným v [3]. Ze zvoleného stanoviska v areálu ČVUT byly vybrány cíle *A*, *B*, *C*, *D* na okolních budovách v různých výškových úrovních vzdálených od přístroje 8 až 150 m, označené odraznou fólií. Celková směrodatná odchylka s_z svislého úhlu měřeného v první skupině (ze dvou sérií měření) byla 0,15 mgon, což odpovídá hodnotě udané výrobcem.

■ Měření do 30 m

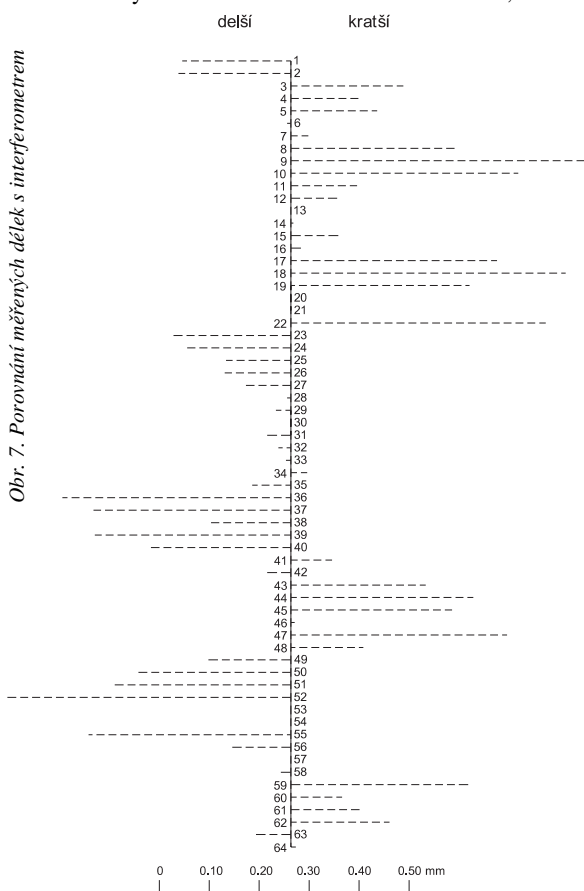
Pro toto měření, prováděné na interferometrické základně Výzkumného ústavu geodetického, topografického a kartografického se sídlem ve Zdíbech, nebylo možné použít metodiky popsané v normě [4], protože očekávaná přesnost dálkoměru je řádově větší než přesnost měření ocelovým měřickým pásmem, které je nezbytné při postupu podle normy. Přístrojem umístěným na začátku základny dlouhé



Obr. 6. Měření na interferometrické základně

30 m (obr. 6) se postupně proměřovalo 65 bodů stabilizovaných důlky uprostřed kolejové dráhy, po které se pohybuje vozík s upevněnými hranoly zajištěný v místě měření kruhovým klínkem. Měřené body byly od přístroje 14,8 m (bod 1) až 30,8 m (bod 65), vzdálenost mezi jednotlivými body byla přibližně 0,25 m.

Bližší body se neměřily, protože nejsou stabilizované a měření by se nedalo opakovat. Základna se měřila celkem ve čtyřech sériích, v každé tři délky na daný stabilizovaný bod. Po porovnání délek měřených totální stanicí s délkami měřenými interferometrem (obr. 7) byla stanovena celková směrodatná odchylka na vzdálenost do 30 m v hodnotě 0,26 mm.



Obr. 7. Porovnání měřených délek s interferometrem

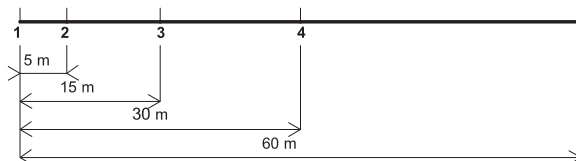
■ Měření do 100 m

Ověřování přesnosti měření do 100 m a určení součtové konstanty odrazného hranolu (obr. 8), který se používá pro přesné strojírenské měření, probíhalo v budově Fakulty



Obr. 8. Ověřované hranoly

stavební ČVUT. Vzhledem k tomu, že hranol lze použít na vzdálenosti 70 až 80 m, byla volena stanoviště tak, aby nejdelší vzdálenost nepřesáhla tuto délku. Na přísmce bylo pomocí stativů a trojnožek dočasně stabilizováno pět bodů (obr. 9). Tím byla zajištěna neměnnost postavení během měření (dočasná nucená centrace). Ze všech bodů se měřily vzdálenosti na ostatní body šestkrát. Takže výsledná hodnota byla vypočtena jako aritmetický průměr ze dvanácti měření.

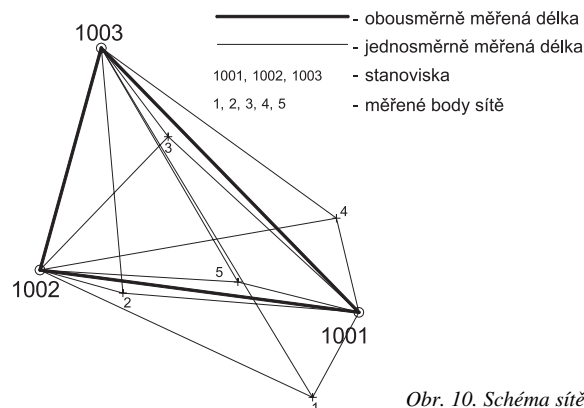


Obr. 9. Proměřovaná základna

Pro určení součtové konstanty hranolu a pro určení přesnosti měření bylo zvoleno vyrovnání měření zprostředkujících [5]. Po vyrovnání byla součtová konstanta $-0,04 \pm \pm 0,16$ mm, což odpovídá předpokladu, že je nulová [2]. Empirická směrodatná odchylka měřených délek byla 0,23 mm.

■ Zaměření sítě

Tvar sítě bodů a délky v síti byly zvoleny po konzultaci s pracovníky a. s. GEFOS tak, aby nejlépe simulovaly reálný, nejčastěji se vyskytující případ měřické sítě v praxi (obr. 10). Vzdálenost mezi stanoviště byla 15 až 23 m. Všechny body sítě byly signalizovány speciálními odraznými hranoly. Body 1 až 5 byly dočasně stabilizovány železnými tyčemi o délce 1 m s magnetickou hlavou, zatlučenými v zemi, na kterých byly upevněny odrazné hranoly. Na stanoviště 1001 až 1003 byl po dobu měření postaven stativ. Z nich byla zaměřena osnova vodorovných směrů ve třech skupinách a zenitových úhlů ve dvou polohách s trojím opakováním. Z každého stanoviště bylo měřeno na všechny body sítě. Délky byly zaměřeny na každém stanovišti zároveň s měřením zenitových úhlů.



Obr. 10. Schéma sítě

Polohové i výškové vyrovnání sítě [6] včetně redukce délek na spojnici stabilizačních značek (délky byly redukovány na středy odrazných hranolů) proběhlo v programu GROMA V.7. Po vyrovnání sítě byla polohová odchylka vyrovnané sítě 0,17 mm a směrodatná odchylka vyrovnaných výšek 0,05 mm.

Závěr

Očekávaná relativní přesnost bodů zaměřovaných polární metodou (alespoň v jedné skupině) se bude pohybovat do

0,3 mm pro síť cca 30 × 30 m, což je v souladu s očekávanou přesností (údaji výrobce). Chyby budou pramenit spíše z měření délek než z měření úhlů. Přesnost zaměřovaných bodů na vzdálenosti od přístroje příliš nezávisí. Body od zhruba 5 do 50 m budou zaměřeny se stejnou přesností. Vyšší přesnosti (0,2 mm) lze dosáhnout, pokud budou vyrovnány současně se sítí a budou zaměřeny z více stanovisek. Celkovou přesnost podstatně ovlivní okolní podmínky (teplota, tlak, vlhkost). U přístrojů s vysokou přesností, jako je Leica TDA 5005, je důležité, aby se měření, pokud mají mít odpovídající přesnost, prováděla v místech s kvalitním osvětlením a v homogenním prostředí na jednoznačně definované cíle. Ve strojírenských halách se dají tyto podmínky zajistit.

Dále lze očekávat vyšší přesnost měřených bodů, pokud by jejich poloha byla určována na základě měřených osnov směrů (protínáním z úhlů). U tohoto postupu je velice důležitá konfigurace bodů vůči základně. Zde by záleželo na velikosti proměřovaného strojírenského dílce, protože největší přesnosti lze dosáhnout při měření v rovnoměrném trojúhelníku s vrcholovými úhly při základně 40 až 60 gon [7]. Délka základny se v praxi pohybuje mezi 10 až 150 m v závislosti na rozměrech dílce.

Ideálním případem by bylo vybudování měřické sítě s body tvořenými pilíři s nucenou centrací a z těchto bodů, u kterých by byly předem známy vyrovnané souřadnice

v místním systému s dostatečnou přesností, by se provádělo zaměřování strojírenských dílů. Podobný systém (STAND) se v zahraničí využívá ve velkých strojírenských provozech (např. Boeing). Pevná stanoviště (pevné pilíře s nucenou centrací), ze kterých se dlouhodobě měří (po dobu sedmi i více let), jsou potom v pravidelných intervalech proměřována a neustále zpřesňována.

Literatura

- [1] Bubeník, F. – Hánek, P.: Geodetická bezdotyková 3D měření pro strojírenské účely. *Jemná mechanika a optika*, 43, 1998, č. 3, s. 72–75.
- [2] LEICA GEOSYSTEM AG: TPS – Systém 5000. Heerbrugg, 1998.
- [3] ČSN ISO 8322-4 Geometrická přesnost ve výstavbě. Určování přesnosti měřických přístrojů. Část 4: Teodolity. ČSN, 1996.
- [4] ČSN ISO 8322-8 Geometrická přesnost ve výstavbě. Určování přesnosti měřických přístrojů. Část 8: Elektronické dálkoměry. ČSN, 1994.
- [5] Böhm, J. – Radouch, V. – Hampacher, M.: Teorie chyb a vyrovnávací počet, 2. vydání. Praha, GKP 1990.
- [6] Jandourek, J.: Geodézie IV, Úprava měřených veličin před výpočty. Geodetická úloha a její kvalitativní hodnocení. Praha, Vydavatelství ČVUT 1995.
- [7] Novák, Z. – Procházka, J.: Inženýrská geodézie 10. Praha, Vydavatelství ČVUT 1998.

Silovský, T.: Tests of the Industrial Station of Leica TDA 5005 prior to its Putting into Operation

This article informs about basic characteristics of the total station of Leica TDA 5005, principles of measurement of lengths, angles and the compensator's function, as well as the results of the angle and length test.

Silovský, T.: Prüfungen der Industriestation Leica TDA 5005 vor ihrer Inbetriebnahme

Der Artikel informiert über die grundlegenden Eigenschaften der Totalstation Leica TDA 5005, das Prinzip der Messung von Längen, Winkeln und über die Funktion des Kompensators, die Ergebnisse einer Winkel- und Längenprüfung.

• ČVUT



Otevření Laboratoře nukleární magnetické rezonance

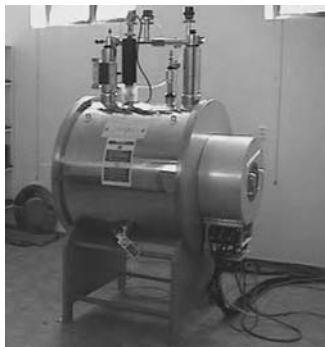
Poté, co byl rozluštěn lidský genom, dochází stále více vědců k názoru, že k popisu složitých pochodů v lidském organismu pouhá znalost genetického kódu (abecedy) nestačí a že jsou zapotřebí komplexní in-vivo postupy vyšetření celého intaktního organismu. Životní pochody nejsou řízeny výlučně geny, mnohé se odehrávají na úrovni proteinů a peptidů. Biomedicínské zobrazovací metody, a zde na prvním místě magnetická rezonance, jsou k monitorování obzvláště vhodné.

Laboratoř nukleární magnetické rezonance, která byla počátkem prosince minulého roku v Praze otevřena, je společným vědecko-výzkumným pracovištěm Ústavu biomedicínského inženýrství ČVUT a I. lékařské fakulty UK, na kterém byl instalován přístroj pro spektroskopii a zobrazování pomocí magnetické

rezonance SISCO85/310. Tento přístroj daroval Německý ústav pro výzkum rakoviny (DKFZ) v Heidelbergu bezplatně k užívání pro vědecko-výzkumnou činnost pracovníků zúčastněných ústavů. Výzkumný tým složený z lékařů, biologů, fyziků a inženýrů tím získává možnost synergicky uplatnit své znalosti z tematicky zcela rozdílných oborů.

Pětiletá spolupráce v oblasti onkologického výzkumu mezi ČVUT v Praze a DKFZ v Heidelbergu tímto projektem úspěšně pokračuje a konkretizují se plány dalších společných experimentů. Důležitou součástí spolupráce je pravidelná výměna pedagogů, vědeckých pracovníků a studentů.

Tisková informace



Elektornika >

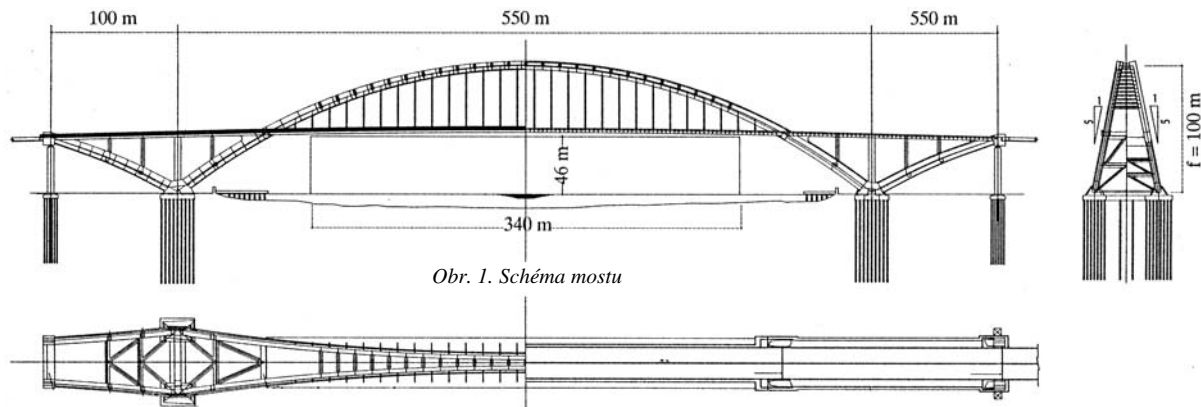
< Sestavený a funkční magnet



• zprávy

Největší oblouk na světě

V červnu 2003 byl v čínské Šanghaji uveden do provozu největší obloukový most světa nazvaný Lupu Bridge. Jde o obloukový silniční most s mezilehlou mostovkou (obr. 1), zkonstruovaný z oceli. Rozpětí oblouku je 550 m a dosavadní největší rozpětí (New River Gorge Bridge v USA, 1977) je tak překonáno o 32 m.



Obr. 1. Schéma mostu

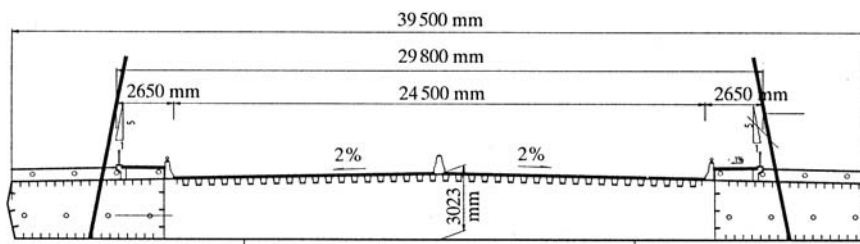
Most Lupu je součástí rozsáhlé a impozantní výstavby mostů v Číně. Jen v současnosti je podle informací podaných na loňském sympoziu IABSE v Šanghaji rozeřeno okolo dvaceti mostů s rozpětím přes 500 m. Převážně jde o mosty zavěšené a visuté. Před dokončením je visutý most Runyang, který s rozpětím středního pole 1 490 m bude mostem s třetím absolutně největším rozpětím na světě (největší je Akashi Kaykio, 1991 m, viz Stavební obzor č. 8, 1998) a v pokročilém stadiu výstavby je zavěšený most Sutong, 1088 m, který překoná jednokilometrové rozpětí pravděpodobně dříve než poněkud zpožděný hongkongský most Stonecutters (viz Stavební obzor č. 3, 2001). Oba předstihnou dosud největší zavěšený most Tataru 890 m (viz Stavební obzor č. 7, 1998).

Obloukový most Lupu má i s krajními stometrovými poli celkovou délku 750 m a jeho schéma je na obr. 1. Vzepětí hlavního oblouku je 100 m (poměr $f/l = 1 : 5,5$). Most má šířku 41 m a pro každý směr má tři dopravní pruhy s celkovou šířkou 24,5 m. Zbytek šířky připadá na chodníky a prostor pro táhla (obr. 2). Hlavní nosníky jsou svařované,

kosoúhlého uzavřeného průřezu výšky 2,7 m, a nesou příčnicku dlouhé 39 m (výška uprostřed 3 m) s ortotropní ocelovou mostovkou. Mostovka má střešovitý sklon 2 %. Největší podélný spád na mostě je 2,5 %. Most je v zakružovacím oblouku 9 000 m.

Hlavní nosníky jsou zavěšeny na oblouku vždy dvojicemi závěsů se vzájemnou vzdáleností 13,5 m. U konců oblouku, kde je hlavní nosník nad obloukem, jsou závěsy nahrazeny sloupy s průřezem 5 × 5 m. Oblouky se ve vrcholu sblíží, neboť jsou navzájem k sobě skloněny, jak je vidět z obrázků. Na vrchol oblouků vede pohodlné schodiště (obr. 3). Mezi sebou jsou oblouky v místech závěsů rozepřeny příčnickou (obr. 4) a pod mostovkou je mohutné příhradové ztužení (obr. 5). Průřez oblouku je lichoběžníkový, široký 5 m a

Obr. 2. Příčný řez



Ale vraťme se k mostu Lupu. V Šanghaji je přes přibližně 500 m širokou řeku Hongpu v současnosti sedm mostů spojujících historický střed města s rozvíjející se obchodní čtvrtí Pudong. V centrální části Šanghaje jsou mosty čtyři. Tři z nich jsou zavěšené (Nanpu, Xupu a Yangpu) a poslední Lupu tvoří již zmíněný oblouk. Všechny nesou vícepruhové silnice, které jsou součástí městského okruhu nebo magistral procházejících v podobě nadzemních estakád městem. Jen díky nim se automobilová doprava v Šanghaji jakž takž pohybuje. Na žádném z mostů není tramvaj či metro a vesměs jde o mosty jednopatrové. Všechny jsou z oceli, pylony zavěšených mostů jsou však betonové.

Okolí řeky Hongpu je bahnité a zakládání mostů je proto nesmírně obtížné. Jako rozhodující prvky pro založení mostu Lupu sloužily ocelové piloty z trub s průměrem 900 mm.



Obr. 3. Most Lupu



Obr. 4. Příčnick mezi oblouky



Obr. 6. Uložení oblouku a model průřezu



Obr. 5. Ztúžení pod mostem



Obr. 7. Promenáda Bund s pohledem na Pudong

vysoký 6 až 9 m. Model průřezu je vidět na obr. 6. Most má oboustranné chodníky oddělené od vozovky širokým pásem, v němž jsou umístěna (2 × 8) táhla z lan průměru 120 mm. Táhla jsou schopna převzít sílu 200 MN.

Okolí mostu je v současnosti nevábné, neboť most je obklopen starými přístavními budovami a skladišti ve značném stupni rozkladu. Vše má být do roku 2010, kdy se v Šanghaji koná světová výstava, odstraněno a pata mostu má být po levém břehu propojena s promenádou, slavným Bundem (obr. 7).

Výstavba mostu byla zahájena v roce 2000, předtím se však dva roky pracovalo na jeho základech. Oblouk byl uzavřen v říjnu 2002, most dokončen v únoru 2003 a datum uvedení do provozu už bylo zmíněno. Most byl montován symetricky z obou stran konzolováním s využitím pomocných věží v místě uložení oblouku a plovoucích jeřábů nosnosti 300 a 1 000 t. Celková hmotnost ocelové konstrukce je 34 495 t převážně oceli S355. Náklady na stavbu se uvádějí 78 mil. USD.

*S využitím materiálů Symposia IABSE
J. Studnička*

Nejlepší diplomová práce ve školním roce 2004/2005

Počátkem června loňského roku vyhlásil generální ředitel Skanska CZ, společně s děkanem Fakulty stavební ČVUT v Praze druhé kolo shora uvedené soutěže v kategoriích:

- architektura, stavební inženýrství
- ekonomika a řízení, management
- konstrukce a dopravní stavby, materiály
- inženýrství životního prostředí, voda, systémové inženýrství
- geodézie a ostatní

SKANSKA



Uzávěrka přihlášek byla 30. prosince. Do soutěže a závěrečného vyhodnocení porotou budou přijaty práce studentů posledního ročníku fakulty odevzdané do 28. února 2005 v sekretariátu proděkana doc. Ing. Františka Čiháka, DrSc.

www.skanska.cz

● sympozia

Symposium MOSTY a IBF 2005 společně oslaví 10. výročí

Do portfolia doprovodného programu Mezinárodního stavebního veletrhu IBF, který v příštím roce oslaví jubilejní, 10. ročník, patří i shora uvedená akce. Cílem sympozia, které se uskuteční **20. až 22. dubna 2005**, je seznámit širokou veřejnost s nejnovejšími poznatky z oblasti mostního inženýrství. Pořadatelé by rádi zdůraznili slavnostní ráz sympozia a současně podpořili jedno z hlavních témat Stavebních veletrhů Brno pro rok 2005, kterým je dopravní stavitelství. „Symposium Mosty je s veletrhem IBF spjato od samého počátku a jednoznačně patří k nejuspěšnějším akcím našeho doprovodného programu,“ podotýká manažerka PR a reklamy Stavebních veletrhů Brno Zuzana Krupičková. Akce se jako každým rokem odehraje pod záštitou Ministra dopravy ČR.

U příležitosti jubilejního ročníku sympozia bude vydán stručný abecední přehled „Projektanti a stavitelé českých mostů“. V připravované publikaci budou uvedeni všichni, kteří společně s tvůrci programu vytvářeli dosavadní devítiletou historii symposií a kteří se průběžně podílejí na budování dobrého jména českého mostního stavitelství. V rámci připravovaného ročníku budou uděleny čestné tituly Mostní dílo roku 2003, a to v kategoriích novostavba a oprava, resp. přestavba.

Tématem přednášek bude mj. správa mostních objektů, plánování a financování mostních staveb, legislativa, životnost mostů, nové technologie a materiály pro mostní stavby či realizace novostaveb, přestaveb a oprav mostů. V jednotlivých blocích vystoupí čeští i zahraniční odborníci na danou problematiku, zástupci vysokých škol, vědeckých ústavů i investorských a realizačních firem.



**STAVEBNÍ
VELETRHY
BRNO 2005**

Stavební veletrhy Brno 2005 budou komplexem čtyř samostatných veletrhů – v týdnu od **19. do 23. dubna** se pod „jednou střechou“ představí 10. mezinárodní stavební veletrh IBF, 6. mezinárodní veletrh technických zařízení budov **SHK BRNO**, dále **URBIS** – Fórum investičních příležitostí a veletrh Technologií pro města a obce a v neposlední řadě 2. mezinárodní veletrh osvětlovací techniky, elektroinstalací a systémové integrace budov **ELEKTRO**.

Tisková informace

Katedra stavební mechaniky Stavební fakulty VŠB TU–Ostrava

ÚTAM AV ČR

Inženýrská akademie ČR

pořádají

VI. ročník konference

SPOLEHLIVOST KONSTRUKCÍ

6. dubna 2005

Dům techniky Ostrava

Celá akce se již tradičně uskutečňuje za aktivní spolupráce ČKAIT Ostrava, Svazu podnikatelů ve stavebnictví Ostrava a dalších odborných institucí a vysokých škol technického a stavebního směru. Mottem konference bude příprava k přechodu od deterministických k pravděpodobnostním metodám posudku spolehlivosti konstrukcí aplikovatelným v normách a v projekční praxi. Tomuto motto má odpovídat uspořádání, obsah a pořadí jednotlivých příspěvků zaměřených na širší inženýrskou veřejnost.



FAKULTA STAVEBNÍ
VŠB – TECHNICKÁ UNIVERZITA
OSTRAVA



AKADEMIE VĚD ČR
ÚSTAV TEORETICKÉ
A APLIKOVANÉ MECHANIKY



INŽENÝRSKÁ
AKADEMIE ČR



ČESKÁ KOMORA
AUTORIZOVANÝCH INŽENÝRŮ
A TECHNIKŮ



ČESKÝ SVAZ STAVEBNÍCH
INŽENÝRŮ



SVAZ PODNIKATELŮ
VE STAVEBNICTVÍ

Informace:

Ing. Martin Krejsa, PhD., tel.: 596 991 303, e-mail: martin.krejsa@vsb.cz

• zprávy

Hliněné omítky – tradice, zdraví i ekologie



Hlínu jako materiál zná lidstvo od pravěku. Nepoužívala se však jen jako základní surovina k výrobě keramiky, ale sloužila také ve stavebnictví. Mezopotamští Sumerové budovali z hliněných cihel své úchvatné stavby, s hlínou pracovali i američtí Indiáni, jejichž hliněná puebla přežila až do dnešních časů. Hlínu používali rovněž naši předkové ke stavbám svých rázovitých chalup. Uplatnění však nachází také v moderním věku a v nabídce řady předních producentů stavebních materiálů nalezneme kupříkladu hliněné omítky. Nechybějí ani v sortimentu společnosti Baumit, která je významným výrobcem suchých omítkových a maltových směsí a fasádních povrchových úprav.

Tento tradiční materiál je modernímu člověku příjemným společníkem ve stále více přetechnizovaném světě. Hlína doslova láká k tomu si ji osahat: s touto spontánní reakcí se setkávají běžně vystavovatelé na veletrzích, na nichž předvádějí svůj sortiment hliněných omítek.

Hliněná omítka má jméno Viton

Právě hliněné omítky se v posledních letech začínají v západní Evropě stále více používat ve formě vnitřních omítek. Tento trend dorazil také k nám a tvoří alternativu tradičním omítkovým systémům. V moderních interiérech se totiž nabízí široké uplatnění pro jejich vnitřní variantu. Použití je lze na jakýkoliv podklad s výjimkou tapet. Poradí si s nimi i amatérští stavebníci, ale vhodné jsou také pro profesionální zpracování včetně nanášení omítacími stroji.

V sortimentu hliněných omítek Viton najdeme materiál pro všechny vrstvy na zdívu: podkladní podhoz, hrubou jádrovou omítku i jemnou štukovou vrstvu. A tu bude možné od příští stavební sezóny koupit probarvenou ryze přírodními pigmenty v některém z osmi základních odstínů.

Vhodné řešení pro alergiky

Velmi zjednodušeně můžeme říci, že hliněná omítka je vyrobena z jemného písku a jílu. Písek splňuje funkci plníva, jíl pojíva. V hliněných omítkách nenajdeme žádné speciální „moderní“ přísady, které se používají u všech standardních omítkových směsí a kterými se upravuje jejich plasticita, odolnost proti vzniku trhlin, nasákavost, nebo naopak vodoodpudivost. Hliněné omítky tyto přísady nemají, protože je nepotřebují. Příjemné zpracovatelské a vysoce příznivé uživatelské vlastnosti má tento přírodní materiál jaksi sám od sebe. Velmi dobře se zpracovává a možnosti jeho tvarování jsou téměř neomezené. Hliněné omítky jsou stoprocentně recyklovatelné: pokud rozmícháme již ztvrdlou omítku s vodou, opět máme omítkovou směs použitelnou na další práci.

Viděno očima člověka toužícího po moderním a zdravém bydlení, nejdůležitější vlastností hliněných omítek je určitě schopnost regulace relativní vlhkosti vzduchu v prostoru. Z příliš vlhkého vzduchu omítka nečekaně vysokou měrou odebírá přebytečné vodní páry, a naopak do suchého vzduchu stejně dobře přepouští vlhkost, kterou si předtím „nastřádala“. To, že udržuje stálou vlhkost, pomáhá konzervovat dřevo a akumuluje teplo. Hliněný materiál pohlcuje také pachy z kuchyně, cigaretový kouř a obecné látky způsobující potíže hlavně alergikům.

Tisková informace

Řemesla pro každého



Veletržní společnost GHM – Gesellschaft für Handwerksmessen mbH se sídlem na novém výstavišti v Mnichově pořádá ve dnech **10. až 16. března 2005** již 57. mezinárodní kontraktně prodejní veletrh technických a spotřebních řemesel I.H.M. Veletrh je po desetiletí vyhledávaným místem pro každého, kdo chce navázat nové obchodní a pracovní kontakty s malými a středními podniky nebo posílit existující vztahy. Je to setkání vystavovatelů s odbornou veřejností, místo, kde jsou prezentovány nové trendy, informace a inovace.

Letošní I.H.M. bude opět prezentovat nové vývojové tendence, progresivní techniky, široké spektrum zboží z malých i středních podniků a také řemeslnické služby pro každého. Zúčastní se na něm více než 1 700 vystavovatelů ze 30 zemí. Jejich expozice zaplní 12 hal o užité ploše 120 tis. m², ve kterých je očekáváno více než 200 tis. návštěvníků z 55 zemí. Nejvíce jich přijíždí z Rakouska, Itálie, Švýcarska, Česka a dalších zemí.

Oborové členění je rozděleno do investiční oblasti Business a spotřebitelské Lifestyle. V první je nabízeno elektrické ruční nářadí, malá mechanizace, stroje a zařízení pro opracování a zpracování kovů, plastů, dřeva, skla a keramiky. Dále zahrnuje vybavení dílen a skladů, dopravní prostředky, potřeby pro motoristy, autoopravárenskou techniku, řemeslnou techniku a malou mechanizaci pro stavbu i výstavbu, upevňovací prostředky, bezpečnost práce a ochranu životního prostředí, ukázky výstavby obytných domů, vybavení zahrad, zahradní stroje, nástroje a potřeby, informační a komunikační techniku, vybavení kanceláří. V samostatné expozici věnované využití náhradních zdrojů energie a životního prostředí bude poradenská služba, tepelná technika a izolační materiály pro úsporu energie. Ve spotřebitelské oblasti Lifestyle jsou umělecká řemesla všeho druhu, sklo a keramika, výrobky ze dřeva, kůže a kovů, kamenické výrobky, zimní zahrady, bazény a sauny.



V loňském roce se podílela na úspěchu veletrhu i Česká republika oficiální účastí rekordních 80 firem na výstavní ploše 1 200 m² v rámci podpory exportu Ministerstva průmyslu a obchodu ČR. Podle odhadu čeští vystavovatelé prodali a dohodli kontrakty za 5 mil. EUR. Letos se v oficiální účasti představí české firmy již po desáté.

I.H.M. 2005

57. mezinárodní veletrh řemesel,
veletrh pro malé a střední podniky,
Mnichov–nové výstaviště
10.–16. března 2005

www.ghm.de
www.expocs.cz

STAVEBNÍ OBZOR

RO NÍK 14 ÍSLO 03/2005

Navigace v dokumentu

OBSAH

Witzany, J. – Mencl, V. – Wasserbauer, R. – Gregerová, M. – Pospíšil, P. – ejka, T. – Zigler, R. – Burgetová, E. Souhrnné hodnocení teoretického a experimentálního výzkumu Karlova mostu – 1. část	65
Lemák, D. – Koiš, R. – Kolba, J. Dostavba centrálního dvorce Národního tenisového centra Morava	84
Tesárek, P. – Pavlík, J. – erný, R. Porovnání kapacitní metody a mikrovláknové impulsní metody při určení součinitele vlhkostní vodivosti	88

Vkládaný leták

3 • 2005

ročník 14

STAVEBNÍ OBZOR

pozemní stavby
dopravní stavby
vodohospodářské stavby
geotechnika
konstrukce a materiály
technologie
životní prostředí
geodézie a kartografie
mechanizace
informatika
ekonomika
software



Fakulta stavební
ČVUT v Praze



Česká komora autorizovaných
inženýrů a techniků



Český svaz
stavebních inženýrů



Fakulta stavební
VUT v Brně



Fakulta stavební
VŠB TU-Ostrava

OBSAH

Witzany, J. – Mencl, V. – Wasserbauer, R. – Gregerová, M. – Pospíšil, P. – Čejka, T. – Zigler, R. – Burgetová, E.

Souhrnné hodnocení teoretického a experimentálního výzkumu Karlova mostu – 1. část 65

CONTENTS

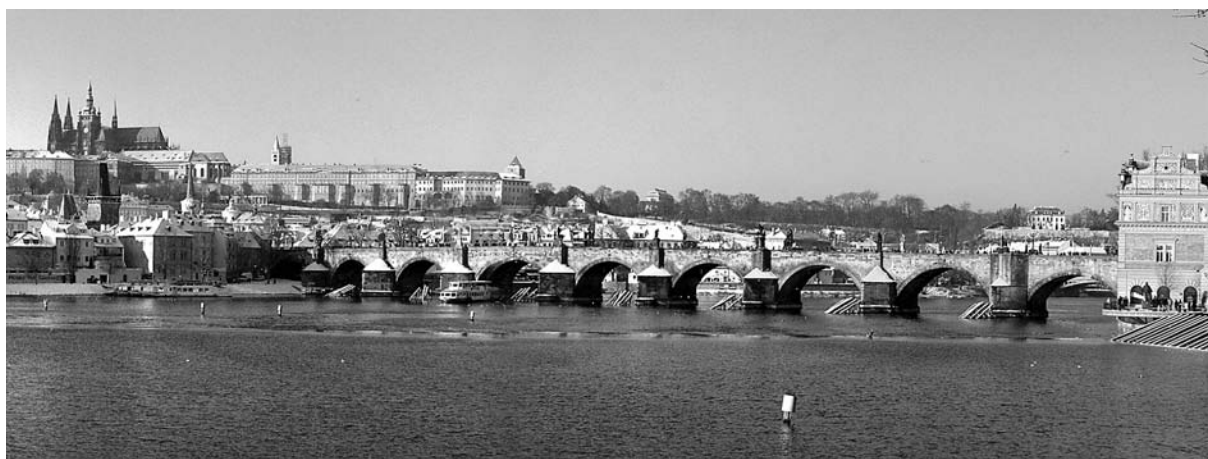
Witzany, J. – Mencl, V. – Wasserbauer, R. – Gregerová, M. – Pospíšil, P. – Čejka, T. – Zigler, R. – Burgetová, E.

Overall Assessment of Theoretical and Experimental Investigation of Charles Bridge – Part I . . . 65

INHALT

Witzany, J. – Mencl, V. – Wasserbauer, R. – Gregerová, M. – Pospíšil, P. – Čejka, T. – Zigler, R. – Burgetová, E.

Zusammenfassende Bewertung der theoretischen und experimentellen Untersuchung der Karlsbrücke – Teil I 65



Lemák, D. – Koiš, R. – Kolba, J.

Dostavba centrálního dvorce Národního tenisového centra Morava 84

Lemák, D. – Koiš, R. – Kolba, J.

Completion of the Central Court of the National Tennis Centre Morava in Prostějov 84

Lemák, D. – Koiš, R. – Kolba, J.

Fertigstellung des Zentralplatzes des Nationalen Tenniszentrums Morava in Prostějov 84

Tesárek, P. – Pavlík, J. – Černý, R.

Porovnání kapacitní metody a mikrovlnné impulsní metody při určení součinitele vlhkostní vodivosti 88

Tesárek, P. – Pavlík, J. – Černý, R.

Comparison of the Capacitance Method and the Microwave Impulse Method in the Determination of Moisture Diffusivity 88

Tesárek, P. – Pavlík, J. – Černý, R.

Vergleich der kapazitiven Methode und der Mikrowellen-Impulsmethode bei der Bestimmung des Feuchtigkeitsleitkoeffizienten 88

REDAKČNÍ RADA

Předseda:

prof. Ing. Jiří STUDNIČKA, DrSc.

Místopředseda:

doc. Ing. Alois MATERNA, CSc.

Členové:

Ing. Miroslav BAJER, CSc.
doc. Ing. Pavel HÁNEK, CSc.
Ing. Jiří HIRŠ, CSc.
doc. Ing. Vladimír JELÍNEK, CSc.
Ing. Jana KORYTÁROVÁ, PhD.
Ing. Karel KUBEČKA
Ing. Petr KUNEŠ, CSc.
doc. Ing. Ladislav LAMBOJ, CSc.
doc. Ing. Ivan MOUDRÝ, CSc.
doc. Ing. Jaroslav NOVÁK, CSc.

doc. Ing. Luděk NOVÁK, CSc.
doc. Ing. Miloslav PAVLÍK, CSc.
prof. Ing. J. PROCHÁZKA, CSc.
Ing. Vlastimil ROJÍK
Ing. Karel SVOBODA
doc. Dr. Ing. Miloslav ŠLEZINGR
Ing. Ludvík VÉBR, CSc.
doc. Ing. Josef VITÁSEK, CSc.
prof. Ing. Jiří WITZANY, DrSc.
Ing. Renata ZDAŘILOVÁ

STAVEBNÍ OBZOR, odborný měsíčník, vydává Fakulta stavební ČVUT Praha společně s Fakultou stavební VUT Brno, Fakultou stavební VŠB TU Ostrava, Českou komorou autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě a Českým svazem stavebních inženýrů. Řídí redakční rada, vedoucí redaktorka Marcela Klímová. Adresa redakce: Thákurova 7, 166 29 Praha 6, tel./fax: 224 354 596, klimova@fsv.cvut.cz, http://web.fsv.cvut.cz/obzor. Vychází každý měsíc kromě července a srpna, cena za výtisk je 40 Kč včetně DPH (+ poštovné a balné). Objednávky odběru i reklamace přijímá Ing. Milan Gattringer, MG DTP, Borovanská 3388, 143 00 Praha 4, tel./fax: 241 770 220, e-mail: mgdtp@volny.cz. Odběr je možné zrušit až po vyčerpání zaplaceného předplatného. Inzerce adresujte redakci. Technická redakce a realizace: Ing. Milan Gattringer. Podávání novinových zásilek povoleno Ředitelstvím pošt Praha, č. j. NP 144/1994, ze dne 21. 10. 1994. Do sazby 10. 2. 2005. Nevyžádané rukopisy se nevracejí.

INDEX 47 755, ISSN 1210-4027

Souhrnné hodnocení teoretického a experimentálního výzkumu Karlova mostu v letech 1994 až 2004 1. část

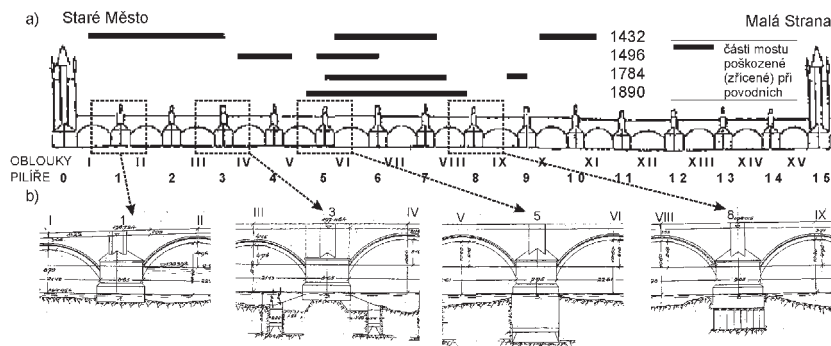
prof. Ing. Jiří WITZANY, DrSc.¹⁾, doc. Ing. Vojtěch MENCL, CSc.²⁾,
doc. Ing. Richard WASSERBAUER, DrSc.¹⁾, doc. RNDr. Miroslava GREGEROVÁ, CSc.³⁾,
RNDr. Pavel POSPÍŠIL, PhD.²⁾, Ing. Tomáš ČEJKA, PhD.¹⁾, Ing. Radek ZIGLER¹⁾,
Ing. Eva BURGETOVÁ, CSc.¹⁾

V letech 1994 až 2004 se uskutečnil teoretický a experimentální výzkum zaměřený zejména na problematiku vlivu nesilových účinků na kamennou konstrukci Karlova mostu. Teoretický a experimentální výzkum zahrnoval problematiku historické kamenné konstrukce z hlediska mineralogického a petrografického, problematiku degradačních procesů chemických a biochemických a vliv těchto procesů na fyzikálně mechanické vlastnosti stavebních materiálů Karlova mostu. Součástí tohoto výzkumu bylo dlouhodobé sledování vlhkosti pískovcových a arkózových kamenných bloků, sledování deformací a přetváření kamenné mostní konstrukce. Zvláštní pozornost byla věnována numerické analýze vlivu změny teploty na namáhání a deformace kamenné mostní konstrukce a její interakce s výplňovými vrstvami tělesa mostu, popř. vlivu některých konstrukčních úprav provedených v rámci opravy v letech 1967 až 1975. V rámci numerických analýz byly posouzeny účinky vynucených přetvoření způsobených poklesem, posunem, popř. natočením základové spáry mostních pilířů způsobených povodňovou vlnou. Na základě výsledků výzkumu a monitorování vlivu vnějšího prostředí na Karlův most byla navržena koncepce opravy narušené kamenné mostní konstrukce a metodika dlouhodobého sledování. V článku jsou shrnuty a zhodnoceny hlavní výsledky teoretických a výzkumných prací za uvedené období.

1. Historický stavební vývoj, komparativní materiálová analýza Karlova mostu a historických mostů z pozdně románského a gotického období

Stavba kamenného mostu Karlova byla ještě před dokončením několikrát vážně poškozena – v roce 1359, 1367, pravděpodobně i v roce 1370, 1373 a 1374. Rozsáhlé poškození dokončeného mostu je zaznamenáno při velkých povodních v roce 1432, kdy byl protřzen na třech místech. Mezi Staroměstskou mosteckou věží a pilířem na Kampě se zřítily osm mostních kleneb a zůstaly stát jen pilíře č. 3, 4, 7, 8 a 10. Následně v roce 1496 podemletím a poklesem pilíře č. 3 dochází ke zřícení přilehlých mostních polí. Oprava trvala až do roku 1503. Most značně utrpěl i během třicetileté války. Založení pilířů bylo poškozeno při povodních v roce 1655. Při povodních v roce 1784 byly značně poškozeny tři pilíře a pět oblouků. Příčinou bylo podemletí pilířů. Oprava trvala do roku 1788. Protřazením jezů nad ostrovem Štvanice (Velké Benátky) se snížila staroměstská hladina Vltavy tak, že došlo k obnažení 12 zbytků pilířů Juditina mostu nad hladinou řeky.

Při rozsáhlé povodni v září 1890 byla stržena tři klenbová mostní pole (pole V., VI. a VII.) a značně poškozeno pět mostních pilířů (č. 4, 5, 6, 7 a 8). Rekonstrukce poškozených částí mostu byla zahájena v srpnu 1891 nákladem 665 tis. korun a byla dokončena již v listopadu 1892. Pilíře č. 7 a 8 byly založeny na kesonech a oblouky vyklenuty z pískovcových kvádrů s odlehčujícími klenbami podle návrhu prof. Velflíka. Odlehčující klenby byly provedeny i nad pilíři. V letech 1902 až 1904 byla provedena „pneumatickým způsobem“ sanace základů mostních pilířů (kesonový věnec, pilíře č. 5, 6 a 9). Z obrázku 1a je patrné, že k nejčastějšímu narušení Karlova mostu při povodních docházelo v jeho střední části vystavené intenzivnímu proudění vzedmuté vody a podemlání pat most-



Obr. 1. Stavební historický vývoj Karlova mostu
a) podle V. Mencla – 1994, b) založení mostních pilířů č. 1 (2), 3 (4, 7), 5 (6) a č. 8
(podle dokumentace z roku 1905)

Legenda:

- v letech 1902–1904 zabezpečení mělčích základů pilířů č. 3, 4 a 7 kesonovými věnci tvořenými sedmi samostatnými bloky vyústěnými na úroveň silurských břidlic;
- v roce 1892 obnoveny základy mostních pilířů č. 5 a 6 na kesonech. U pilíře č. 8 obnovena část narušeného pilíře při povodni v roce 1784 založena na pilotách v letech 1902–1904 sanace věncem z kamenných bloků s uzavírací betonovou deskou proměnné tloušťky.

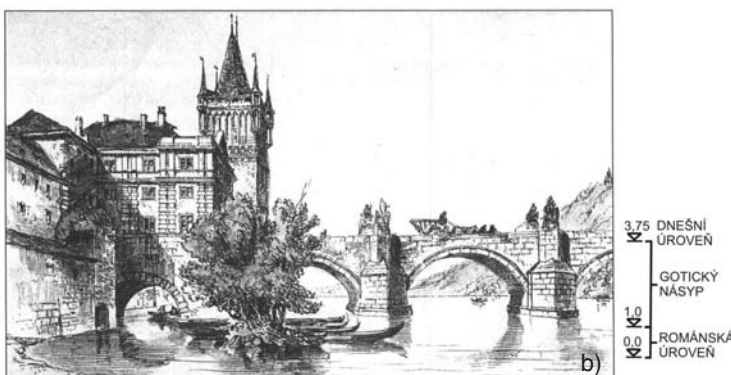
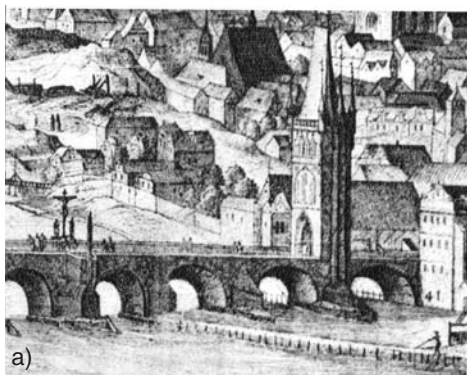
¹⁾ Fakulta stavební ČVUT, ²⁾ Fakulta stavební VUT Brno, ³⁾ Přírodovědecká fakulta MU Brno

ních pilířů, kterému jejich původní poměrně mělké založení na skříních nebylo schopné delší dobu odolávat.

K narušení kamenné mostní konstrukce docházelo podemletím základů mostních pilířů, jejich následným nakloněním a sednutím, provázeným narušením, a posléze zřícením přilehlých mostních kleneb. Založení pilířů na kesonech a provedení kesonových věnců v letech 1892 a 1902 až 1904 v této části mostu, spolu s opatřením zabraňujícím hromadění předmětů před mostem, umožnily, že most při srpnových povodních v roce 2002 odolal náporu více než stoleté vody.

V letech 1966 až 1975 byla provedena rozsáhlá oprava Karlova mostu, při níž došlo k závažným zásahům do historické mostní kamenné konstrukce a výplňových vrstev mostního tělesa. Hlavní příčinou, která vyvolala tuto poslední velkou opravu, bylo vnikání srážkové vody do vrstev mostního tělesa a kamenného zdiva kleneb. Krátce po jejím dokončení vznikla na mostní konstrukci řada poruch, které byly zapříčiněny jak vadami vlastního provedení rekonstrukce, tak vadami projektu rekonstrukce (zatékání do tělesa mostu, vzduchův nedilatované dlažby, vznik trhlin v ložné spáře poprsních zdí).

Z původní konstrukce Karlova mostu ze 14. století se zachovala část mostu mezi Kampou a Malostranskou mosteckou věží a u Staroměstské mostecké věže (mostní pole I.–III. a X.–XV.). Jednou z příčin častých povodní a poškození mostu je značná nerovnoměrnost srážek povodí Vltavy (28 tis. km²) i zmenšení průtoční šířky Vltavy mohutnými mostními pilíři.



Obr. 2. a) Karlův most v gotickém uspořádání,

b) na rytině z 19. stol. je patrný rozdíl nivelety Juditina a Karlova mostu

Podle sond provedených v roce 1966 byla původní výplň pilířů a nad klenbovými oblouky opuková rovnanina s vápennou maltou ve vodorovných spárách. Na opukové rovnanině byla původně uložena vrstva hlinitého násypu, mazaniny a lité jílové izolační vrstvy. Konečnou úpravu tvořila kamenná dlažba uložená do hlinitého písku. Na rubové straně kamenných zděných klenbových oblouků byla provedena izolační vrstva z jílu v tloušťce cca 30 mm. Původní řešení zřetelně vymezovalo přenos zatížení z mostovky prostřednictvím opukové rovnaniny, která při uvedené úpravě nepůsobí vodorovnými (rozpěrnými) tlaky na poprsní zdi a omezuje mechanické účinky cyklických změn teploty a vlhkosti. Kamenná dlažba s hliněnou výplní spár umožňovala volnou dilataci jednotlivých dlažebních bloků. V důsledku postupných úprav, provedených zejména při velké opravě Karlova mostu (1966 až 1975), byl vytvořen tužší, staticky odlišný systém s postupným nárůstem trvalých přetvoření a trhlin. Opuková rovnanina byla v některých polích částečně injektována cementovou směsí colcret, hlinité násypy a mazanina nahrazeny podkladním betonem a železobetonovou deskou tloušťky 0,2 m, zakotvenou do poprsních zdí, a vrstvou keramzitbetonu s povrchem upraveným pro položení hydroizolačního povlaku z pásů sklobit (projektované řešení). Těžká žulová dlažba byla původně položena bez dilatace do betonového lože.

V polích porušených při povodni v roce 1890 (pole V. až VII.) bylo výplňové opukové zdivo nahrazeno vylehčovacími klenbami podle návrhu prof. Velflíka.

Předmětem **komparativní analýzy** jsou historické mosty z období pozdně románského a gotického, vymezeného letopočty 1167 až 1406, tedy rokem založení Juditina mostu

a rokem úplného dokončení Karlova mostu v Praze. V tomto období byly v Čechách postaveny významné kamenné mostní stavby [Mencl]:

- **Juditin most** v Praze, vystavěný v letech 1167 až 1174, dosahoval délky 514 m a šířky 6,8 m. Pískovcové kruhové klenby o světlosti 7,4 m až 19 m byly vetknuty do pilířů založených na dřevěných rostech [1], [2]. Zničen povodní 3. 2. 1342;

- **most v Písku**, vystavěný kolem roku 1270, po četných opravách zejména v letech 1768, 1825, 1941, 1998 se zásahy do nosné konstrukce a opravě po povodni v roce 2002 je plně funkční. Je 111 m dlouhý a široký 6,5 m, základním materiálem je žula;

- **most v Roudnici nad Labem**, postavený v letech 1333 až 1340, byl zničen v roce 1634. Základy byly odkryty při stavbě jezu a mostu v roce 1908 spolu s částí oblouku při stavbě železniční trati [4];

- **Karlův most v Praze**, postavený v letech 1357 až 1406, je dlouhý je 515,7 m a široký 9,4 m. Pískovcové klenby o světlosti 16,6 m až 23,4 m byly díky mělkému založení pilířů poškozeny povodněmi v letech 1432, 1496, 1784, 1890. Poslední oprava byla v letech 1966 až 1975.

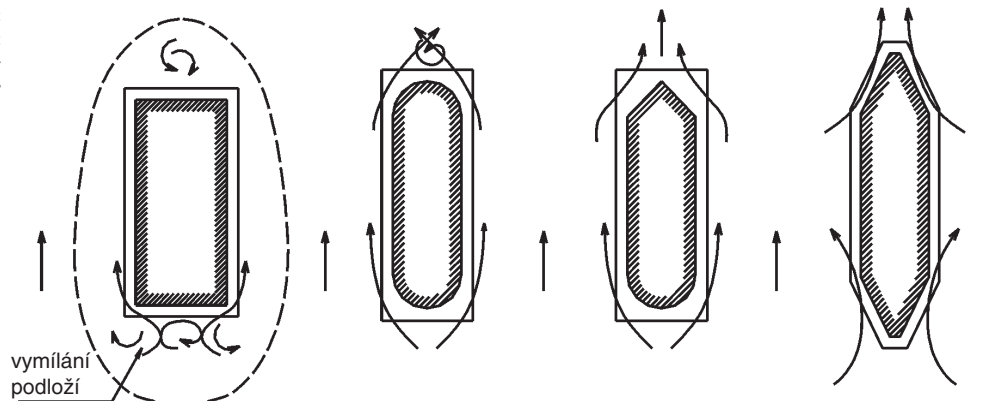
Pro obecné srovnání úrovně mostního stavitelství ve sledovaném období lze uvést, že při výstavbě Juditina mostu byly využity poznatky z výstavby mostu v Rezně v letech 1133 až 1146. Vliv francouzské mostní školy se uplatnil při výstavbě mostu v Roudnici a Karlova mostu díky zkušenostem stavitelů [6].

Při řešení byly údaje získané z historických (spisy profesorů Velflíka, Koláře, Bechyně, Kloknera) i současných podkladů srovnány s výsledky průzkumů a analýz provedených v rámci výzkumných projektů od roku 1994.

Rozhodujícím prvkem historických mostů z hlediska jejich trvanlivosti byl **způsob založení a ochrana základů pilířů situovaných** v řečišti. Ve sledovaném období je po vzoru římských mostů užíváno zakládání na dřevěných skříních spouštěných na upravené dno řečiště. Konstrukce dřevěné základové skříně byla patrna při odkrytí základů mostu v Roudnici [4]. Zbytky dřevěných skříní z Juditina mostu byly nalezeny při bagrování dna Vltavy v roce 1965 [1] a destrukci pilířů Karlova mostu v roce 1890 v kombinaci s krátkými dřevěnými pilotami nebo kamennými záhozy (most v Rezně). K postupnému zatěžování skříní byla mimo jiné užívána opotřebená mlýnská kola, která byla vyměňována zpravidla po dvou letech provozu. V okolí Prahy byla mlýnská kola (žernovy) o průměru 790 až 1 200 mm vyráběna z arkózového pískovce těženého v Přílepech poblíž Rakovníka [14].

Tento způsob založení doplněný krátkými dřevěnými pilotami byl od doby římské s úspěchem využíván v hlinitých a jílovitých základových půdách, kde nahrazoval základovou desku nebo tvořil průběžný rošt v půdorysu mostu [5]. Rošt byl stabilizován pilotami (jehlami), jejichž užití v základech římských chrámů popsal Vitruvius v 1. stol. př. n. l. [3]. Při založení dřevěných skříní na šterkových vrstvách bylo nutno základovou spáru chránit proti vyplavení kamennými ochozy (most v Řezně) nebo dřevěným opevněním kotveným krátkými pilotami, jak je patrné na vyobrazení původní gotické podoby Karlova mostu z roku 1606 (obr. 2a) [2]. Při novodobých opravách byly užity betonové věnce a kesonové základy [4] (obr. 1).

Obr. 3. Vliv tvaru mostních pilířů na charakter proudnic a víření vody



Údržba ochranných konstrukcí základů v řečišti je součástí trvalé a systematické péče o historické mosty. Pro bezpečnost mělkých základů v řečišti je důležitý tvar a situování mostních pilířů. Požadavek, aby při průtoku mostním otvorem byla proudnice plynulá a nevznikalo víření ani nadměrné vzdouvání vody, nespĺňují některé tvary mostních pilířů (obr. 3). Z tohoto hlediska je hodnocení pilířů Karlova mostu příznivé. Podle zkušeností je důležité při povodních zachovat průtočný profil všech mostních polí a zamezit jejich zanesení ledem nebo plovoucím materiálem, jak prokazuje stržení Juditina mostu v zimním období a dvou pilířů Karlova mostu v roce 1890 při zanesení tří mostních polí.

Niveleta převáděné komunikace u mostu v Písku a někdejšího Juditina mostu kopírovala původní terén v okolí řeky. Dokladem této výškové úrovně je založení románských staveb Starého Města Pražského, které bylo často zaplavováno a při vyšších úrovních hladiny byl přelit i Juditin most. Obdobně i most v Písku byl přelit v roce 2002.

Výšková úroveň mostovky Karlova mostu byla dána zvýšenou úrovní ulic Starého Města Pražského navážkami z výkopů hradebního příkopu od roku 1230. Do konce 13. stol. byl terén zvýšen až o 3 m, jak dokládají zasypané průjezdy zachovaných románských domů (obr. 2) [8], a niveleta mostovky Karlova mostu mohla být tedy převýšena vůči Juditinu mostu o cca 4 m a most není ohrožen přelitím velkých polí.

Lze předpokládat, že stavitelé vycházeli ze zkušeností ověřených provozem kamenných mostů a vyvodili závěry pro jejich účelné **konstrukční uspořádání**. Příkladem jsou doporučení pro výstavbu přelitých mostů, kdy mostní konstrukce má klást průtoku řeky odpor co nejmenší, a to i za cenu destrukce nenosných částí mostu.

Stavitelé počítali nejen se stržením kamenných zábradlí, ale i stržením poprsních zdí, neboť tradiční doporučení pro jejich výstavbu předpokládají volné uložení na klenbě a nevyplnění styčných spár zdiva, což je důležité i z hlediska tep-

lotní dilatace mostní klenby. Z hlediska opravy přelitého mostu bylo prvotní zachování pilířů a mostních kleneb.

O vývoji konstrukcí a názorů na stavební uspořádání kamenných mostů svědčí poslední vydání technického průvodce v roce 1951 (opravené vydání z roku 1930), ve kterém prof. Kolář a prof. Klokner shrnují **zkušenosti z provozu** historických i novodobých kamenných mostů [9]. Nutno konstatovat, že dodržování doporučení o vytváření dilatačních spár v poprsních zdech a úpravě kamenné rovnániny nad klenbou, zejména při poslední opravě Karlova mostu, by výrazně omezilo výskyt v rámci provedeného výzkumu zjištěných poruch. V rámci výzkumu byla založena databáze průzkumů a oprav od roku 1890.

Komparativní analýza historických kamenných mostů přinesla poznatky pro monitorování, údržbu a opravy těchto konstrukcí s důrazem na respektování konstrukčního a stavebního uspořádání v době jejich vzniku. Dlouhodobé monitorování deformací a přetváření kamenné konstrukce Karlova mostu přináší nezbytné poznatky pro **numerickou analýzu a modelování účinků** jednotlivých vlivů a umožňuje zvýšit spolehlivost budoucí opravy.

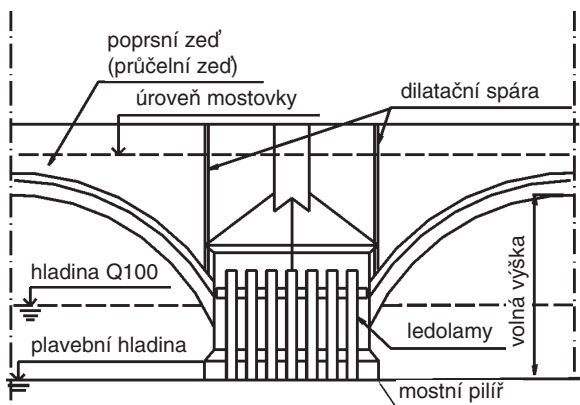
Výplňové konstrukce mezi poprsními zdmi přenášejí zatížení na rub klenby pokud možno rovnoměrně při minimálním příčném tlaku na omezující poprsní zdi. Tomu nejlépe vyhovuje kamenná rovnánina nalezená v rozdílných formách v konstrukcích historických mostů. V původních polích Karlova mostu je prokázána opuková rovnánina zpevněná maltou oddělená od poprsních zdí mezerou [13]. V důsledku oprav vozovkového souvrství a zatékání vody jsou dnes mezery zaneseny se statickými důsledky na poprsní zdi. Při opravě v roce 1890 byly v polích V. až VII. zřízeny vylehčovací klenby snižující zatížení klenby, umožňující větrání a odvodnění dutin mostu, což se na degradaci kamenných materiálů kleneb příznivě neprojevovalo [7].

Dlážděná mostní vozovka byla prokázána u mostu v Roudnici [11]. Kamenná dlažba s hliněnou výplní umožňovala volnou dilataci jednotlivých dlažebních kostek a vyloučila mechanické účinky cyklických změn teploty na poprsní zdi. Novodobé dlažby položené do betonu bez dilatačních spár vyvolávají silové působení na poprsní zdi.

Se zvětšováním rozpětí mostních kleneb vznikal problém zachování stability vysokých poprsních zdí při působení rozpěrných účinků výplňových konstrukcí a teplotní roztažnosti. Pro zakotvení zdiva poprsní zdi na klenbu je doporučeno užít kamenné hmoždinky nebo krátké ocelové roubíky.

Významné je doporučení o vytváření dilatačních spár poprsních zdí v místě klenbových patek ve formě nevyplněných svislých spár v kamenném zdivu na celou výšku poprsní zdi (obr. 4).

Na historických mostech byly uplatněny konstrukční zásady, aby povrchová voda a voda prosáklá do konstrukce byla odvedena k výtokům [9]. Izolační vrstva, původně jílová, byla zřizována na rubové ploše klenby, případně i na rubových plochách poprsních zdí. Voda proniklá na povrch izolace byla odváděna k patkám oblouku, kde volně vytékala dilatační spárou nebo odpadní trubkou kolmou k lícni ploše klenby situovanou do ložné spáry mezi klenáky. Vývoj mostních vozovek, zahrnující i hydroizolační vrstvu, je vhodné u rekonstrukcí respektovat, současně však zachovat funkci rubové izolace a odvedení vody z jejího povrchu.



Obr. 4. Dilatační spáry v poprsní zdi v místě klenbových patek

V rámci komparativního materiálového výzkumu byly srovnávány historické kamenné mostní konstrukce Karlova mostu a mostu v Písku, Brandýse nad Labem a Litovli. Spolu s uvedenými historickými mosty, které byly vybrány pro srovnání v ČR, byly do přehledu zahrnuty historické mostní konstrukce v Regensburgu a Avignonu.

Materiálově zcela odlišný je **most v Písku**, který je zbudován z granitu. Vzhledem k tomu, že byl před nedávnem zrekonstruován a při povodni v roce 2002 zcela zaplaven Otavou, nebylo možno zhodnotit degradační procesy na základě studia sekundárních minerálů.

I přes tyto obtíže diplomová práce [M. Hudec, 2004], orientovaná na odolnost granitů vůči působení vnějších faktorů degradace, prokázala, že ani několikanásobně opakované periodické zatěžovací zkoušky (mrazuvzdornost, odolnost proti krystalizaci solí a další) nevedly k makroskopicky zřetelným, ale pouze mikroskopicky (SEM) pozorovatelným projevům degradace.

Most v Brandýse nad Labem (přes rameno Labe) je ve srovnání s Karlovým mostem mnohem menší, ale materiálově blízký. Je vystaven z místního jemnozrnného pískovce. Dalším rozdílem v porovnání s Karlovým mostem je velmi malé zatížení vodní erozí řeky Labe, mnohem nižšími imisemi agresivních polutantů a malou frekvencí dopravy.

Historický **most v Litovli** byl zčásti také nově rekonstruován a původní stavební kámen včetně jeho odolnosti vůči působení degradačních faktorů bylo možno studovat pouze na pilířích. Most byl vystaven z materiálů z blízkého okolí, především karbonových drob a jemnozrnných křídových pískovců. Vzájemným srovnáním odolnosti těchto dvou materiálů bylo prokázáno, že mnohem odolnější jsou droby.

Historicky srovnatelné zahraniční konstrukce jsou mosty v Regensburgu a Avignonu. **Most v Regensburgu** je rovněž vystaven z různých typů místních pískovců, ale na rozdíl od Karlova mostu je kratší (16 oblouků, 308 m), jeho oblouky jsou menší a mostovka o 30 % užší (6,50 m). Pilíře mostu jsou vzhledem k mnohem větší erozní síle proudu Dunaje založeny mohutněji. Další jeho odlišností ve srovnání s Karlovým mostem je způsob užívání. Do současné doby je zde povolen provoz motorových vozidel včetně pravidelných linek autobusů městské dopravy. Další výraznou odlišností od Karlova mostu je jeho poničení na konci druhé světové války, kdy byla část mostu z důvodu obrany města Regensburgu záměrně odstřelena. Most byl po válce rekonstruován, ale nikoli do původní podoby, a nebyly použity kvalitní materiály. Základní chemické složení eflorescentů je velmi blízké eflorescentům Karlova mostu. Odlišností jsou zjištěné při detailním mineralogickém a krystalografickém studiu, kdy byla prokázána přítomnost stabilnějších forem síranů vápenatých (především sádrovce) a přítomnost nitrosolí.

Známý historický **most přes řeku Rhônu v Avignonu**, který by mohl být z hlediska měřítka srovnatelný s Karlovým mostem (měl 22 oblouků a délku 900 m), byl budován z písčitého vápence až vápnitých pískovců, není zachován v původní podobě do současnosti. Vzhledem k větší erozní síle řeky Rhôny byl opakovaně, podobně jako Karlův most, stržen povodněmi. Po velké povodni v 17. století byla větší část mostu blíže erozního břehu stržena a most již nebyl znovu obnoven (král Ludvík XIV. rozhodl most neobnovovat). Zbývá část mostu sloužící jako turistická atrakce pouze pro pěší. Eflorescenty mostu v Avignonu jsou tvořeny sádrovcem a nitrosolmi. Podobně jako v Regensburgu, ani zde nebyly identifikovány sírany alkalických kovů.

Rozdíly v chemickém složení eflorescentů Karlova mostu proti mostům v Regensburgu a Avignonu jsou zejména v proměnlivé přítomnosti méně stabilních až mobilních (vodorozpuštěných) forem solí (především železnatých a alkalických kovů, tzv. kamenců). Vzhledem k velké variabilitě jak materiálů, tak i okolního prostředí, a značné setrvačnosti při krystalizaci těchto solí, nelze stanovit jednoznačný trend nárůstu nebo poklesu obsahu těchto solí. Jediným doposud hypotetickým trendem (množství dat není dostatečné pro jednoznačnou verifikaci) je nárůst obsahu nitrosolí jako eflorescentů na studovaných stavebních kamenech Karlova mostu (tab. 7).

2. Výzkum chemické a biochemické degradace

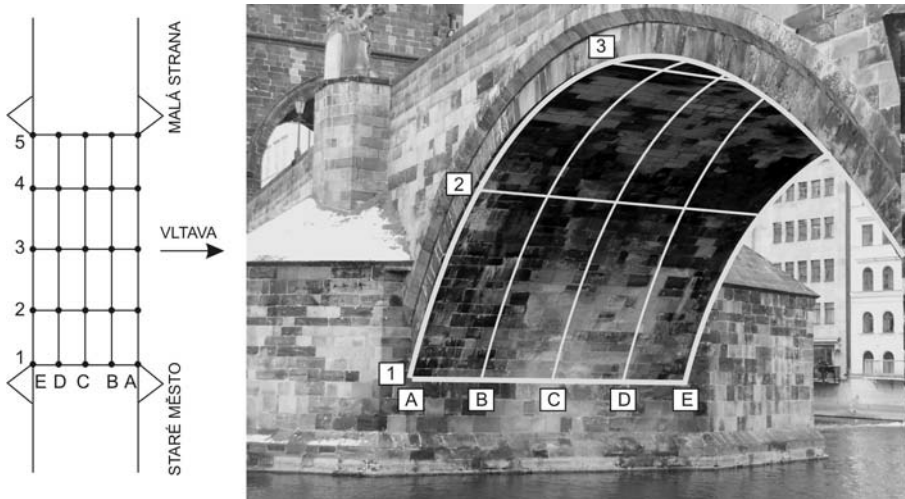
Relativně vysoké koncentrace solí v kvádřovém zdivu Karlova mostu souvisí s dřívější aplikací halitu, a následně i karbamidu na mostovku při odstraňování sněhu, a souvisí rovněž s působením kyselých dešťů, které přes porušenou hydroizolaci prosakují do mostní konstrukce. Dešťová voda obsahuje především zvýšenou koncentraci oxidů síry, dusíku, amoniak a řadu dalších, především organických látek (uhlovodíky, karboxylové kyseliny, dusíkaté deriváty, halogenderiváty, celkem přes 200 sloučenin), které se spolu s dešťovou vodou vsakují do mostní konstrukce. Zde reagují s hydráty vápníku, ale i s chloridy a dalšími solemi, které se dostávají do tělesa mostu z posypových solí, používaných při rozmrazování vozovek. Celkové stárnutí (zasolení) zdiva se projevuje mj. tak, že roste podíl vodorozpuštěných solí, zvyšuje se obsah hygroskopické vody, a tím stoupá i zamokření pískovcového kamene na vnějším líci oblouků mostu. Na povrchu mostních oblouků z pískovcového kamene ulpívají, v závislosti na vzdušné vlhkosti, větrném proudění a orientaci vůči světovým stranám, pevné částice (úlety z elektráren, průmyslových závodů, částičky hnojiv, pracho-

vé částice nebo částice destruované horniny). Pevné částice spolu s nově tvořenými minerály a buňkami mikroorganismů vytvářejí krustifikační kůru, která má významnou úlohu v procesu destrukce pískovcového kamene.

Neustálé zvlhčování tělesa Karlova mostu deště a kondenzací vodních par poskytuje příznivé prostředí pro rozvoj společenstva chemoorganotrofních a chemoautotrofních mikroorganismů, které se rozmnožuje na pevných i kapalných polutantech (oxidy NO_x , SO_2 , CO_2 , organická špína, prach, stopy umělých hnojiv, kapalné a plynné uhlovodíky z automobilového provozu a topenišť). Členy společenstva jsou zejména sírné, nitrifikační a denitrifikační bakterie a velká skupina chemoorganotrofních bakterií. Organické a anorganické kyseliny, produkované společenstvem mikroorganismů, spolupůsobí při biotickém a abiotickém přetváření minerální složky kamene na sekundární minerály (smíšené K a N kamence, sádrovec $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), které působí korozně na povrchové vrstvy pískovcového kamene.

Výzkumné práce (do roku 2002) se zabývaly sondováním a rozbory salinity a přítomnosti mikroflóry v jednotlivých konstrukčních vrstvách Karlova mostu, výzkum v letech 2003–2004 se zaměřil zejména na plošné rozložení jednotlivých solí a skupin mikrobů ve vybraných obloucích v závislosti na čase a ročním období. V rámci posledního výzkumu byla provedena řada chemických a mikrobiologických analýz [Wasserbauer].

Cílem těchto fyzikálně chemických a mikrobiologických analýz bylo získat detailnější pohled na dynamiku mikrobiálních a chemických degradačních dějů, které probíhaly v letech 2003 až 2004 na jednotlivých obloucích Karlova mostu. K tomuto účelu byla na vybrané oblouky položena myšlená síť z 25 bodů, ve kterých byly provedeny odběry povrchových krust. Takto získaný rozsáhlý soubor pokusných dat umožnil nalézt místy až překvapující závislosti a změny, které by při bodovém odběru zůstaly skryty (obr. 5).



Obr. 5. Schéma odběrových míst (virtuální síť monitorovaných bodů)

Při vzájemném porovnání výsledků v čase byla dobře patrná velká variabilita naměřených hodnot, a to vzdor tomu, že vzorky byly odebírány ze stále stejných míst. Určitý podíl na této skutečnosti může mít místy odkapávající

cí voda, která rozpuštěné soli odstraňuje z povrchu pískovcového kamene, i velká pohyblivost solí dusíku, které mohou kamenem velmi rychle migrovat. Rozhodující úlohu má však zřejmě společenstvo mikroorganismů, které, jak ukážeme dále, se výrazně podílí na výrazných změnách v koncentraci solných výkvětů i na tvorbě sekundárních minerálů.

V porovnání s rokem 1994 stoupl až do roku 2003 obsah agresivních solí u III. a IV. oblouku a částečně i u VI. oblouku téměř ve všech místech povrchové vrstvy. Současně se zvyšoval i celkový počet **chemoorganotrofní a chemoautotrofní mikroflóry**, zvláště autotrofních nitrifikačních bakterií. Stále se zrychlující tendence vzestupu koncentrace solí na povrchu pískovcových kamenů byla zvláště dobře patrná u vzestupu salinity VI. oblouku až do léta roku 2003. Výrazný byl zejména **vzestup síranů a dusičnanů** (tab. 1).

Od únorového měření v roce 2004 nastala u některých fyzikálních a chemických parametrů povrchových vrstev pískovcových kamenů Karlova mostu výrazná změna. **Úroveň pH** pat oblouků, která proti roku 1994 v roce 2003 poklesla místy až o 4,5 stupně (z 9,5 na 4), se počala vracet k vyšším hodnotám a v roce 2004 již dosahovala na všech sledovaných místech minimálně 5,5. Při vzájemném porovnání výsledků v čase byla dobře patrná velká variabilita naměřených hodnot ze vzorků, které byly odebírány ze stále stejných míst (tab. 2).

Velmi výraznou změnou prošla také koncentrace **solí dusíku** (obr. 6). Obsah močoviny a amoniaku se od roku 2003 všeobecně snížil a již se nevrátil k původním hodnotám. Stejný průběh byl patrný i u dusitanů. Výrazný pokles maxim byl zaznamenán i u dusičnanů, kde se průměrné hodnoty v roce 2004 ustálily na dvouřetinových až polovičních hodnotách proti roku 2003 (tab. 3). Výjimku tvořil vzorek D3, odebraný ze IV. oblouku, který obsahoval 135 mg NO_3/g pískovce.

Mírný pokles v zimě 2004 (zmrzlý povrch pískovcového kamene, přerušená dotace vlhkosti) a opětný slabý vzestup v létě byl zaznamenán i u **chloridů**. V tomto případě však šlo spíše o nepravidelné oscilace, kdy koncentrace chloridů většinou nepřekračují 4 mg v 1 g pískovce.

Naproti tomu stabilní se jevila koncentrace **síranů** (obr. 7). V jednotlivých případech bylo sice v roce 2004 dosaženo ještě vyššího maxima než v roce 2003 (III. oblouk, lokalita B2, 110 mg

SO_4/g pískovce), avšak průměrná koncentrace se v roce 2004 již příliš neměnila (tab. 4).

Vzestup maximálních hodnot (zvláště na VI. oblouku) byl naopak dobře patrný u **vápníku**. Vyšší hodnoty volného Ca^{2+} bezpochyby souvisejí s trvalou přítomností síranů (vznik CaSO_4) i dusičnanů, vznik $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$.

Kontrolní měření v listopadu 2004 potvrdila shora uvedené trendy. Objevuje se pozvolný vzestup síranů. Nej-

Tab. 1. Vývoj salinity středu VI. oblouku Karlova mostu v letech 2000 až 2004 (léto)

Oblouk/rok	Úroveň pH	Koncentrace iontů solí a močoviny [mg/g pískovce]					
		Cl	SO_4	NO_3	NO_2	NH_4	močovina
střed/2000	7	0,94	5,94	15,85	NT	0,021	0,44
střed/2003	7	2,42	80,00	84,00	0,12	0,160	0,56
střed/2004	7	1,67	118,00	6,60	0,01	0,100	0,06

vyšší průměrné koncentrace (41 až 61 mg/g) byly nalezeny v souvislém pásu ve vrcholové partii III. a IV. oblouku (obdoba roku 2003). Naopak pokračuje pozvolný pokles koncentrace dusičnanů (maximální hodnoty poklesly z 90 mg/g v roce 2003 na 21 mg/g! na podzim 2004). Stagnují velmi nízké hodnoty **dusitanů a močoviny** (pokles z cca 0,040 u dusitanů a 2,26 mg/g u močoviny v roce 2003 na 0,005 u dusitanů a 0,15 mg/g u močoviny, na podzim 2004, brány v úvahu pouze maximální hodnoty). Objevuje se náznak vzestupu u čpavku na III. a IV. oblouku (ojedinělý výskyt 0,5 mg NH₄ v pozici IVC1 na IV. oblouku, jinak byly zaznamenány pouze stopové hodnoty proti dřívější nule). Naopak ve vrcholových partiích III. a IV. oblouku byl patrný souvislý výskyt volného vápníku (14 až 33 mg Ca²⁺/g pískovce).

Výskyt mikrobů je podmíněn především vysokou vlhkostí tělesa Karlova mostu (na povrchu místy přes 20 %, uvnitř tělesa mostu až 32 % hm.), způsobenou zatékáním deště přes porušenou hydroizolaci, a také množstvím přístupných živin, které jsou vnášeny na povrch mostu deštěm a větrem.

Jak ukázaly dřívější rozborů, chemoorganotrofní mikroorganismy rostly, v závislosti na přístupu kyslíku, většinou do hloubky 2 až 5 cm, v hloubce 10 cm se jejich počet většinou značně snížil. Hlavní složku biomasy černých patin tvořily G+ mikrokoky spolu se zástupci rodu *Bacillus* a *Clostridium*. Na spráskovaných pískovcích a arkózách se nacházely tmavě pigmentované mikromycety z čeledi *Dematiaceae*. Celkový počet mikromycet byl však velmi malý. Pokud se plísně vyskytovaly, zaujímaly spíše středové polohy (B, C, D) jednotlivých oblouků.

V povrchových a přívěškových vrstvách kamenů se dále nacházeli zástupci rodů *Arthrobacter*, *Rhodococcus*, *Comamonas*, *Pseudomonas*, *Corynebacterium*, *Alcaligenes*, *Proteus*, *Streptomyces*, *Nocardia* a některé dosud neidentifikované formy bakterií a plísní.

Zajímavé výsledky poskytly vrty do tělesa Karlova mostu (2000). Na povrchu a až do hloubky cca 1 m převládaly aerobní a mikroaerofilní kmeny. Stejná flóra se však vyskytovala i v hloubce 3 až 4,5 m, a to v podstatě ve všech vrtech, které zasáhly tuto oblast (okolí vrtů nad touto úrovní a pod ní bylo vždy sterilní). Nalezené mikrobiální niky neměly žádný vztah k materiálovému složení pilířů (beton, keramzitbeton, železobeton, pískovec, opuková rvanina, malta). S průběhem vlhkosti výskyt flóry rovněž nekoreloval. Reálné vysvětlení tohoto jevu nebylo zatím nalezeno (trhliny v pilířích?). Maxima **chemoorganotrofních bakterií** v povrchových vrstvách pískovcového kamene byla pozorována v teplejších obdobích roku a na podzim v roce 2004, v zimním období byl výskyt těchto mikrobů relativně slabý.

Zrcadlovou polohu proti chemoorganotrofním bakteriím, co do časového rozložení, zaujímaly **denitrifikační bakterie**. Maxima byla nalezena (zvláště u III. oblouku) převážně v chladných obdobích roku, tedy i na podzim roku 2004, v teplejších obdobích byla jejich koncentrace nižší. Amonizační bakterie se vyskytovaly souvisle po celý rok 2003 a 2004.

Chemoautotrofní sírné a nitrifikační bakterie se většinou objevovaly v nízkých koncentracích. Maximum sírných bakterií bylo nalezeno v létě v roce 2003, další nástup sírných bakterií byl nalezen až na podzim roku 2004. Slabý nástup nitrifikačních bakterií se objevil až v létě a místy zesílil na podzim roku 2004, což potvrzuje naše dlouholeté výsledky, podle kterých tyto dvě skupiny bakterií většinou váže antagonický vztah.

Pozoruhodné jsou i výsledky chemických rozborů vody protékající odvodňovací trubkou na VI. oblouku (tab. 5). Uvedené hodnoty nejlépe charakterizují značnou intenzitu chemických, pravděpodobně i biologických procesů, které v mostu stále probíhají.

Tab. 5. Chemický rozbor vody (obr. 9 [12])

Iont, organická sloučenina	[mg/1 000 ml H ₂ O]		
	VI.03	VI.04	XI.04
chloridy (Cl)	120	160	147
sírany (SO ₄)	285	246	257
dusičnany (NO ₃)	1 100	1 257	1 105
dusitany (NO ₂)	0,140	0,037	0,013
amoniak (NH ₄)	0,730	0,043	0,026
vápník (Ca)	NT	970	1 130
močovina	0,3	0,0	0,0
pH	7,0	6,5	7,5

Celkové počty nitrifikačních bakterií dosahovaly ve vytékající vodě hodnoty 10⁵, celkové počty heterotrofní flóry (zástupci rodů *Bacillus*, *Arthrobacter*, *Pseudomonas*, *Corynebacterium*, *Clostridium*, *Proteus*, *Streptomyces*, *Nocardia*) se pohybovaly v letních měsících okolo 10⁶, v podzimním rozboru však stoupl celkový počet až na 10⁷.

Anomální výsledky získané při opakovaných rozbořech salinity povrchových vrstev oblouků Karlova mostu (solí dusíku) lze do jisté míry objasnit právě z pohledu **cyklických mikrobiálních procesů**, které probíhaly a probíhají v povrchových vrstvách pískovcového kamene, a to zřejmě do jisté míry bez ohledu na lokální materiálové složení jednotlivých oblouků. Současně není možné pominout ani vliv povodně v roce 2002. Především té je možné přičíst náhlý, i když nesouvislý pokles pH sledovaných oblouků, přičemž nejvýrazněji se tento efekt projevil u pH VI. a IV. oblouku (vliv usazenin?). U těchto oblouků byla také pozorována vysoká koncentrace indikačního substrátu močoviny, částečně i amoniaku, a to někdy i v souvislém pásu v pozici 1 a 5 (paty). Ve svém důsledku to znamená, že povrch pískovcových kamenů byl pokryt vrstvou organického materiálu. V následujícím období byly organické sloučeniny, včetně močoviny, pravděpodobně vlivem chemoorganotrofní flóry (urobakterie), postupně rozkládány za vzestupu pH až na současné hodnoty 5,5 až 6, které již nejsou pro pískovcový kámen tak škodlivé.

Výrazné ovlivnění salinity Karlova mostu mikrobiálními procesy lze pozorovat zejména u solí dusíku. Nápadný a trvalý pokles dusitanů je v dobrém souladu s nástupem psychrofilních denitrifikačních bakterií v zimě 2004 a je v korelaci i s poklesem dusičnanů v tomto období (určitou úlohu může mít přerušená dotace vlhkosti na zmrzlém povrchu). Naopak pozvolný vzestup koncentrace dusičnanů v létě 2004 souhlasí s nástupem nitrifikačních bakterií. Lze se proto domnívat, že na obloucích Karlova mostu funguje uzavřený cyklus koloběhu dusíku podle schématu:

oxidace sloučenin dusíku, tvorba dusitanů a dusičnanů		redukce dusitanů, dusičnanů, tvorba amoniaku
Nitrobacteriaceae	chemoorganotrofní bakterie	amonizace bílkovin, denitrifikace
oxidace NH ₃ na NO ₂ a NO ₃	oxidace NO ₂ na NO ₃	NO ₂ a NO ₃ akceptory vodíku
Nitrosomanas, Nitrosococcus, Nitrobacter, Nitrococcus	Nocardia, Arthrobacter Streptomyces, Pseudomonas	Pseudomonas, Micrococcus, Bacillus, Corynebacterium

Poznámka: Tučně vtištěné rody byly identifikovány v pískovcových kamenech Karlova mostu.

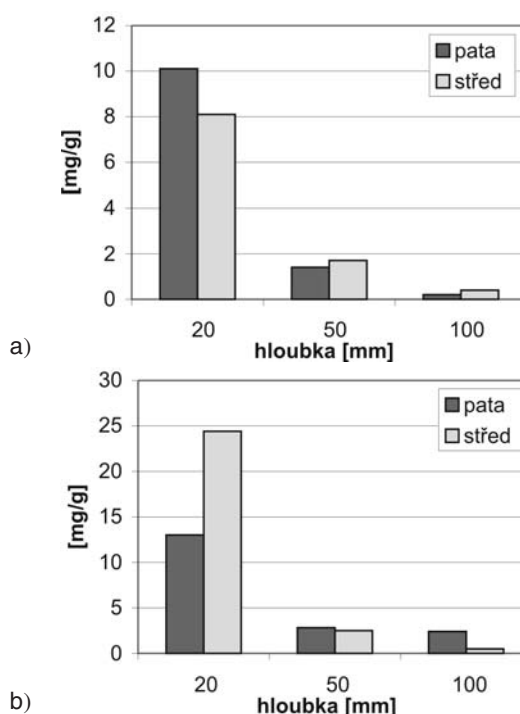
Pozorovaný pokles solí dusíku a močoviny nemusí být trvalého rázu. V průběhu let 1994 až 2000 jsme zaznamenali jak lokální pokles koncentrace dusičnanů, tak významný pokles koncentrace močoviny. Rovněž celkový počet nitrifikační flóry výrazně kolísá [7], [12]. Je tedy pravděpodobné, že na pískovcových kamenech Karlova mostu probíhají cyklické změny koncentrací solí dusíku v souladu s cyklicky se opakujícími změnami aktivity nitrifikačních a denitrifikačních bakterií.

Pro úplnost je nutné poznamenat, že i kyselá dešť obsahují sírany, a zvláště dusičnany. Podle namátkových měření se koncentrace dusičnanů pohybují mezi 4 až 7 mg $\text{NO}_3\text{-I}^{-1}$ deště. V současné době však neexistují, podle dostupné literatury, údaje, které by blíže objasnilo možnosti trvalejšího zachycení dusičnanů v pískovcovém kameni. Při analýzách stavebního materiálu, získaného z řady vrtů do oblouků a pilířů Karlova mostu [12], jsme podstatné zvýšení koncentrace dusičnanů v jednotlivých profilech nenalezli. Nelze ovšem zcela vyloučit, že vyšší koncentrace dusičnanů mohou být shromážděny na povrchu odlehčovací klenby mostních oblouků. Hlubší sondy do těchto lokalit však nebylo možné uskutečnit.

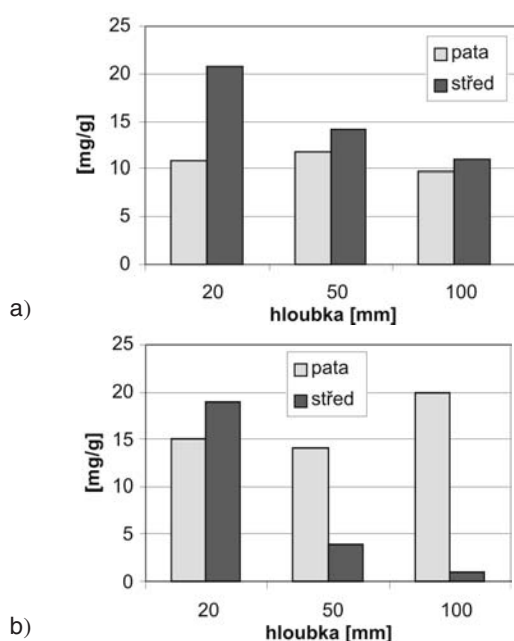
Koncentrace síranů byly relativně stálé, i když i v tomto případě můžeme, zvláště na VI. oblouku, sledovat pravděpodobný vliv povodně (VI. oblouk rok 2003). Vzestup síranů na povrchu pískovcových kamenů Karlova mostu v průběhu let 1994 až 2004 je způsoben stále ještě vysokou koncentrací oxidů síry v ovzduší (spalování zejména sirnatého uhlí). Sloučeniny síry se adsorbují na povrch pískovcového kamene a jsou převáděny abioticky či s biologickou stimulací na sírany. Transformace oxidů síry souvisí s činností masivně přítomných chemoorganotrofních bakterií, které produkují do kamene Karlova mostu organické kyseliny a aminokyseliny, jež chelatizací uvolňují z jílových minerálů železo a mangan. Ionty obou prvků slouží jako katalyzátory při abiotické transformaci oxidů síry (oxid siřičitý přes oxid sírový). Železo se na pískovcovém kameni tvoří rovněž abioticky ze vzdušného znečištění, které významně ovlivňuje doprava a průmysl. Minerály, jako je pyrit, limonit, glaukonit, jarosit, goethit, haematit, biotit, rovněž obsahují železo, které při kyselých deštích nebo za přítomnosti organických kyselin migruje k povrchu kamene a spoluvytváří tmavošedé až černé povlaky. Na obloucích Karlova mostu jsme indikovali i chemoautotrofní sírné bakterie. S výjimkou léta roku 2003 a podzimu roku 2004 však nepřesahovaly jejich počty 10^2 . Předpokládáme proto, že do tvorby sekundárních síranových minerálů zasahovaly pouze omezeně.

Zajímavý průběh měla koncentrace solí v povrchových vrstvách a v hloubce 100 mm (popř. 280 mm) stavebního kamene (obr. 8 až obr. 10). V pískovcovém obložení Karlova mostu s hloubkou většinou rychle klesala. Výjimku však tvořily dusičnany, které se v pilířích č. 5 a 9 koncentrovaly většinou v hloubce 50 mm, naproti tomu ve vrcholech V. a IX. oblouku již docházelo k rychlému poklesu. U síranů nebyla takováto anomálie nalezena. Další sekundární maximum bylo na pilířích č. 3 a 4 nalezeno v hloubce cca 210 mm. Koncentrace obou solí zde opět vysoko překračovaly hodnoty uváděné ve směrnici WTA 4-5-99 [26] jako vysoké (vznik vedlejších maxim je pravděpodobně ovlivněn rychlostí dotace a odparu vody v jednotlivých lokalitách). Je proto zřejmé, že i ve větších hloubkách pískovcového kamene se mohou nacházet koncentrace solí nebezpečné pro jeho stabilitu.

Podle dosavadních výsledků abiotická transformace oxidu siřičitého, případně s biologickou stimulací, význam-



Obr. 8. Charakteristický průběh salinity (SO_4) v povrchových vrstvách a) V. oblouk, b) IX. oblouk

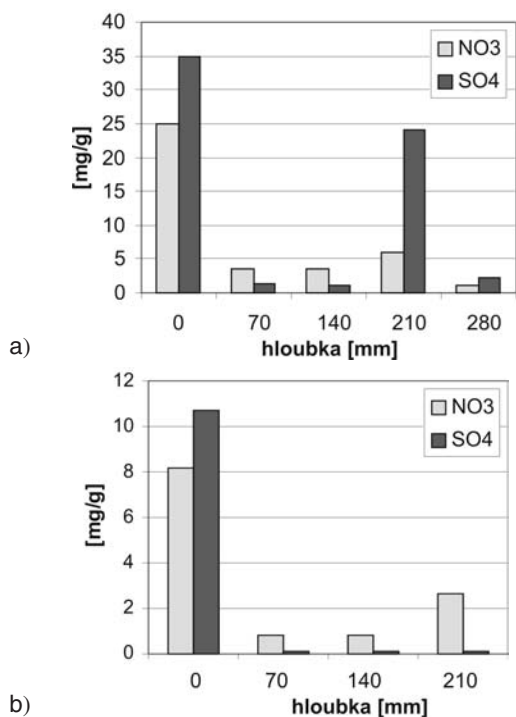


Obr. 9. Charakteristický průběh salinity (NO_3) v povrchových vrstvách a) V. oblouk, b) IX. oblouk

ně převyšuje tvorbu síranů iniciovanou sírnými bakteriemi. To může být také jedna z hlavních příčin, proč se v koncentraci síranů neprojeví významnější změny.

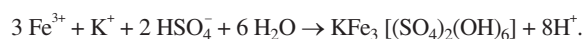
Vzestup iontů vápníku, a to jak ve vodě, která vytéká z odvodňovací trubky na VI. oblouku, tak na povrchu pískovcových kamenů Karlova mostu, souvisí s vysokou koncentrací dusičnanů ve vytékající vodě (pravděpodobně $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$) a s vysokými koncentracemi síranů na povrchu kamene Karlova mostu (tvorba CaSO_4). Objasnění příčin, které vedly k tak výrazné kumulaci dusičnanů v protékající vodě, je velmi obtížné. Jiný mechanismus než biologická transformace oxidů dusíku není podle dostupné literatury znám.

Vliv atmosférických polutantů, anorganických solí a metabolitů mikroflóry je dobře patrný i na vývoji sekundárních minerálů v pískovcích Karlova mostu v průběhu let 1994 až 2003 [7]. Z dosud uvedených výsledků je zřejmé, že na vzniku některých sekundárních minerálů se mohou podílet (mimo jiných zdrojů) i metabolity mikroflóry. Je to zejména goethit (α - FeOOH) a hematit (α - Fe₂O₃), který vzniká za interakce lišejníků a synergické bakteriální flóry. Dále nitrokalit (KNO₃) a nitronatrit (NaNO₃), který se vytváří za spolupůsobení nitrifikačních bakterií, a kaolinit Al₄(OH)₃Si₄O₁₀ za spolupůsobení chemoorganotrofní flóry (komplexotvorné metabolické produkty kyselina citronová, glukonová, šavelová, fumarová aj.).



Obr. 10. Koncentrace NO₃ a SO₄ v pískovcovém kameni v závislosti na hloubce vrtu
a) III. oblouk – pata, b) IV. oblouk – pata

Částečně biologického původu mohou být minerály, které obsahují v molekule skupinu SO₄. Jejich vznik si lze představit následujícím způsobem. Oxid siřičitý (SO₂) z ovzduší je transformován abioticky či s biologickou stimulací chemoorganotrofními bakteriemi na SO₄ (komplexolýza Fe²⁺, Fe³⁺ mikrobiálními metabolity). Vzniklá H₂SO₄ je transportována pórovým systémem do kamene, kde reaguje s nestabilními horninotvornými minerály výměnnou interakcí zejména s Ca, ale také s volně migrujícími alkáliemi na K, Na, Mg a NH₄ vodnaté sírany, které mohou krystalizovat na zárodečných centrech v pórovém systému i ve více generacích. Při nižším pH pískovcového kamene, které bylo při analýzách opakovaně nalezeno, a za přítomnosti volných iontů Fe a K (vliv mikroflóry) může se, vzhledem k vlhkému kameni Karlova mostu, vytvářet jarosit podle rovnice



Obdobně je možné uvažovat vznik amoniojarositu (NH₄)Fe₃[(SO₄)₂(OH)₆] a natrojarositu (NH₄)Fe₃[(SO₄)₂(OH)₆]. Všechny tři minerály, zvláště jarosit, byly na povrchu pískovcových kamenů opakovaně nalezeny [12].

Krystalizační tlaky sekundárních síranů rostou v závislosti na drenáži, respiraci kamene a difúzním gradientu

jednak v místech náhlého zúžení pórů, jednak ve vyústění makropórů v krustifikační kůře. Uvedené tlaky již dávají předpoklady pro vytváření destruktivních trhlin v pískovcovém kameni. Ještě větší tlaky vznikají při hydrataci a rehydrataci sekundárních síranů, které mají ve struktuře krystalickou vodu (např. při přijetí krystalické vody molekulou CaSO₄ za vzniku CaSO₄·2H₂O zvětší se objem molekuly na 130 %, což vytvoří tlak 111 MPa). V pórovém systému kamene tak dochází periodicky k hydrataci a rehydrataci minerálů za vzniku tlakového působení na pórový systém. Vzniklé síly mohou být zpočátku kompenzovány pórovým systémem. Po překročení pevnosti kamene dochází v místě jejich působení k mechanickému poškození, a následně i vzniku trhlin, jejichž tvar a orientace jsou závislé na druhu a struktuře kamene.

Rovněž oxidy dusíku mají v korozi pískovcového kamene významnou roli. Ve vlhkých depozitech Karlova mostu ionty NO₃ otvírají, rozpouštějí povrch pískovce za vzniku K a Na ledků, a tím umožňují vstup dalších kapalných a plyných škodlivin do hlubších vrstev kamene.

3. Výzkum degračních procesů kamenné historické konstrukce ve vztahu k materiálové heterogenitě a časově proměnným faktorům

Na základě teoretického a terénního studia lze k hlavním degračním faktorům, působícím na stavební kameny Karlova mostu, řadit [Gregerová, Pospíšil]:

- změnu obsahu pórové vody stavebních materiálů (vlhkosti);
- vytvoření koncentračního spádu v pórových roztocích, a tím migraci rozpuštěných solí;
- krystalizaci sekundárních minerálů v pórovém systému při změně vlhkosti a teploty a v závislosti na vyplnění pórů sekundárními minerály vyvozením krystalizačních tlaků (tlak narůstá, až je pór zcela vyplněn);
- kolísání teploty okolního prostředí a s tím spojené změny teploty stavebních materiálů v rámci denního a ročního cyklu;
- exfoliaci povrchových částí jednotlivých druhů materiálů;
- biologické procesy;
- chemickou aktivitu mikroorganismů způsobenou jejich metabolickými procesy vedoucí k degradaci pojiva pískovcových stavebních kamenů;
- chemické a fyzikální účinky kořenů vyšších rostlin (zejména ve spárách mezi kamennými bloky a na spárovou maltu).

■ Kámen

Opakováním a zásadním zjištěním, v rámci komparativních petrografických studií, je prokázání značné **materiálové heterogenity** v tělese Karlova mostu. Tato je způsobena primárně použitými stavebními materiály různého druhu, a následně výrazně prohloubena v rámci rekonstrukcí a oprav spolu s různou mírou degradace. Z kvádrů stavebních kamenů byly v rámci výzkumu identifikovány arkózovité pískovce až arkózy, křemenné pískovce, křemeno-kaolinitové pískovce, železité pískovce, glaukonitové pískovce, slepence a opuky.

Významnou fyzikální vlastností, která podstatnou měrou podmiňuje následný průběh degračních procesů, je pórovitost stavebních materiálů, která se s časem mění a ovlivňuje jejich nasákavost. Stavební materiály, a tím i celé konstrukce, mají určitou infiltrační kapacitu. Pro infiltrační

jsou ve stavebních kamenech (klasických sedimentech – pískovcích s. l.) velmi příznivé podmínky. **Materiály** jsou různé zrnitosti, s různou velikostí a distribucí pórů a jsou **mikrostrukturně inhomogenní**.

Tab. 6. Porovnání nasákavosti pískovců původních lokalit a stavebních kamenů Karlova mostu

Kámen	Nasákavost [% hm.]	
	těžná surovina	stavební kámen v konstrukci
křemeno-kaolinitový pískovec	6,1	9,5
železitý pískovec	6	11,1

Mikrostruktura pískovcového kamene je oslabena vlivem krystalizačních tlaků (2 až 50 MPa [25]). Původní kvádry líčového zdiva (tj. pískovce s. l.) použité v konstrukci Karlova mostu se v současné době liší **karbonát-sulfátovým tmelem od primárních zdrojů pískovců s. l.** Bylo prokázáno, že do hloubky 1 až 2 mm se vyskytují sulfáty a pod nimi do hloubky max. 5 cm lze v pojivu identifikovat kalcit (obr. 11 až obr. 16).

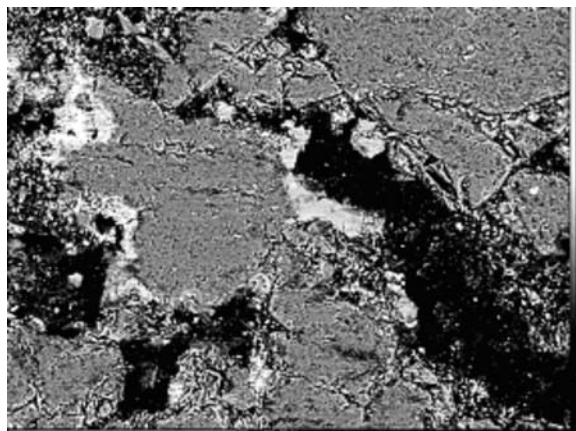
Jednoznačným **důkazem rozpouštění a vyplavování dílčích složek** stavebních materiálů v celé konstrukci Karlova mostu je krystalizace eflorescentů na povrchu líčného kvádřového zdiva.

Charakter eflorescentů je odvozen z procesů chemické přeměny materiálů. Nejčastějšími migrujícími solemi jsou sírany, chloridy a dusičnany. V letech **1994 až 2004 stoupl obsah agresivních solí u studovaných oblouků III., IV. i VI.** téměř ve všech místech povrchové vrstvy (obr. 6 až obr. 10). Současně se zvyšoval i celkový počet chemoorganotrofní a chemoautotrofní mikroflóry, zvláště autotrofních nitrifikačních bakterií. Stále se zrychlující tendence vzestupu koncentrace solí na povrchu pískovcových kamenů byla zvláště dobře patrná u vzestupu salinity VI. oblouku až do léta roku 2004. Výrazný byl zejména vzestup síranů a dusičnanů. Pokles dusičnanů v roce 2004 mohl být způsoben denitrifikačními bakteriemi.

Od roku 1994 po rok 2004 dochází v případě eflorescentů k významným změnám. V roce 1994 se v degradovaných kamenech původně vyskytovaly v různých formách bassanit ($\text{CaSO}_4 \cdot 1/2 \text{H}_2\text{O}$), sádrovec ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), thénardit (Na_2SO_4), mirabilit ($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$), thermonatrit ($\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$). Od roku 1994 dochází nejen k minerální změně v rámci síranů, např. v roce 2000 byly identifikovány i další sírany, jako je arcanit K_2SO_4 a mascagnit $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, změnil se podíl chloridů: halit (NaCl), sylvín (KCl), a zvýšil se podíl nitrátů: nitrokaliit (KNO_3), nitronatrit (NaNO_3) a močoviny, které se často vyskytují jako směsi krystalů. Výrazně poklesl podíl pickeringitu, jarositu a halotrichitu [24]. V roce 2003 byl identifikován alunogen, jeho přítomnost byla v roce 2004 potvrzena. Příklad změny minerálního složení eflorescentů ve studovaném bodě 5 C v III. oblouku a 3 D ve IV. oblouku v období červenec 2003 až červen 2004 je uveden na obr. 17.

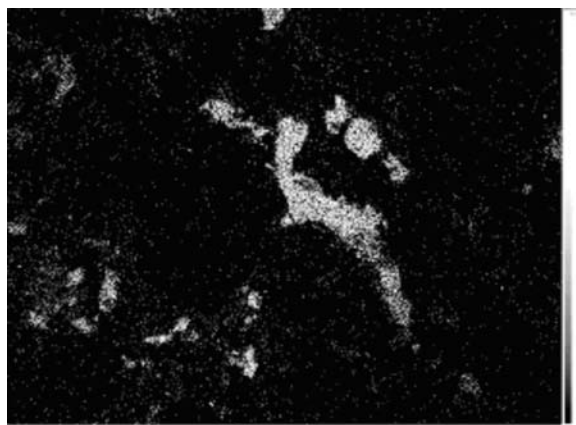
O tom, že degradační procesy narušující strukturu pískovců v povrchových partiích mají důsledek také na změnu fyzikálně mechanických vlastností celého objemu horninové hmoty kvádřového zdiva, svědčí hodnoty pevnosti v tlaku uvedené v tab. 8.

Jednoznačně je prokázáno, že jak křemeno-kaolinitové pískovce, tak arkózořité pískovce až arkózy, používané jako původní stavební kámen nebo materiál pro opravy, mají jako výchozí těžná surovina v lomu vyšší hodnoty pevnosti v tlaku než stavební kameny kvádřového zdiva Karlova mostu. V případě arkózořitých pískovců jsou však hodnoty



Obr. 15. Struktura a minerální složení křemeno-kaolinitového pískovce – stavebního kamene Karlova mostu s karbonát-sulfátovým tmelem

(Elektronová mikroskopie – Cameca SX 100, foto R. Čopjaková)



Obr. 16. Plošná distribuce Ca prokazující jeho přítomnost v karbonát-sulfátovém tmele

(Elektronová mikroskopie – Cameca SX 100, foto R. Čopjaková)

variabilní vzhledem k rozdílnému minerálnímu složení a struktuře jak výchozí suroviny, tak i kvádrů. Rovněž výsledky laboratorních analýz potvrzují výrazný vliv změny vlhkosti na pevnost kvádřového zdiva.

■ Spojovací malta

Celková salinita pojiva ve spárách se neliší, vzhledem k velkým migračním schopnostem vodorozpustných solí, od salinity pískovcového kamene. Obdobně jako na celém povrchu pískovcového obložení byly ve spárách pozorovány silné výkyvy vlhkosti a koncentrace solí. V průběhu systematického sledování spár na pilíři č. 12 a 13 byly nejvyšší výkyvy SO_4 nalezeny u spáry na pilíři č. 12, nejvyšší výkyvy NO_3 u spáry na pilíři č. 13.

Hydraulické malty, které jsou především v obloucích po rekonstrukci v roce 1890, obsahují mikritický karbonát, tzn. obsahují velmi jemná zrnka karbonátu, která jsou pro transport vlhkosti nevhodná. Naopak, starší vápenné malty obsahují krystalky karbonátu, které strukturu pojiva roztrhávají a vznikají trhliny vhodné pro transport vlhkosti [24].

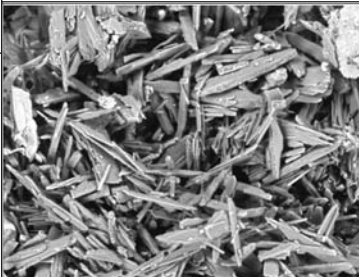
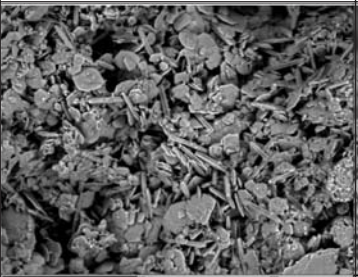
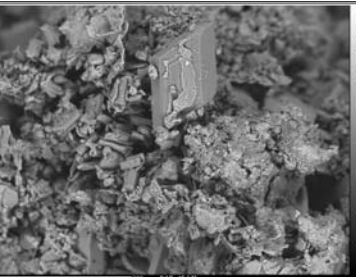
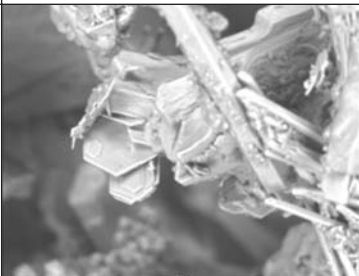
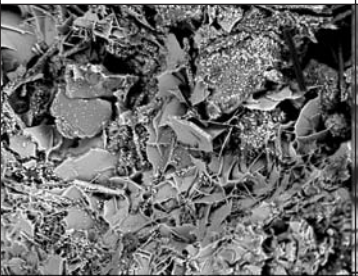

Shrnutí k části 2 a 3

• **Koncentrace síranů** zůstala i v roce 2004 na vysoké úrovni. Absolutní maxima dosáhla v zimě 2004 hodnoty 127 mg/g pískovce, v létě 2004 pak 115 mg/g pískovce, což je v souladu s absolutním maximem v roce 2003, a to

Tab. 7. Celkové změny minerálního složení eflorescentů* v průběhu let 1994–2004

Minerály 1994	Chemické složení	Minerály 1999	Chemické složení	Minerály 2003	Chemické složení	Minerály 2004	Chemické složení
opál	SiO ₂ ·nH ₂ O						
bassanit	2CaSO ₄ ·H ₂ O						
sádrovec	CaSO ₄ ·2H ₂ O	sádrovec	CaSO ₄ ·2H ₂ O	sádrovec	CaSO ₄ ·2H ₂ O	sádrovec	CaSO ₄ ·2H ₂ O
anhydrit	CaSO ₄						
		mirabilit	Na ₂ SO ₄ ·10H ₂ O				
		trona	Na ₃ (HCO ₃)(CO ₃)·2(H ₂ O)	trona	Na ₃ (HCO ₃)(CO ₃)·2(H ₂ O)		
sylvin	KCl						
		halit	NaCl	halit	NaCl	halit	NaCl
scawtit	Ca ₆ (Si ₃ O ₉) ₂ ·CaCO ₃ ·2H ₂ O					scawtit	Ca ₆ (Si ₃ O ₉) ₂ ·CaCO ₃ ·2H ₂ O
jarosit	KFe ₃ [(OH) ₆](SO ₄) ₂]			jarosit	KFe ₃ [(OH) ₆](SO ₄) ₂]	jarosit	KFe ₃ [(OH) ₆](SO ₄) ₂]
amonio jarosit	(NH ₄)Fe ₃ (SO ₄) ₂ (OH) ₆						
natrojarosit	NaFe ³⁺ ₃ (SO ₄) ₂ (OH) ₆			natrojarosit	NaFe ³⁺ ₃ (SO ₄) ₂ (OH) ₆	natrojarosit	NaFe ³⁺ ₃ (SO ₄) ₂ (OH) ₆
		nitrokaliit (niter)	KNO ₃	nitrokaliit (niter)	KNO ₃	nitrokaliit (niter)	KNO ₃
		nitronatrit (nitratin)	NaNO ₃	nitronatrit (nitratin)	NaNO ₃	nitronatrit (nitratin)	NaNO ₃
syngentit	K ₂ Ca[SO ₄] ₂ ·H ₂ O						
		giniit	Fe ²⁺ Fe ³⁺ ₄ (PO ₄) ₄ (OH) ₂ ·2H ₂ O				
		goethit	FeOOH				
		kutnohorit	CaMn(CO ₃) ₂				
				darapskit	Na ₃ (SO ₄)(NO ₃)·(H ₂ O)	darapskit	Na ₃ (SO ₄)(NO ₃)·(H ₂ O)
aphthitalit	K _{2,25} Na _{1,75} (SO ₄) ₂	aphthitalit	K _{2,25} Na _{1,75} (SO ₄) ₂	aphthitalit	K _{2,25} Na _{1,75} (SO ₄) ₂	aphthitalit	K _{2,25} Na _{1,75} (SO ₄) ₂
amarillit	NaFe(SO ₄) ₂ ·6H ₂ O						
halotrichit	Fe ²⁺ Al ₂ (SO ₄) ₄ ·22(H ₂ O)						
pickeringit	MgAl ₂ (SO ₄) ₄ ·22(H ₂ O)			pickeringit	MgAl ₂ (SO ₄) ₄ ·22(H ₂ O)		
bilinit	Fe ²⁺ Fe ³⁺ ₂ (SO ₄) ₄ ·22(H ₂ O)						
				alunogen	(Al ₂ (SO ₄) ₃ ·17(H ₂ O))	alunogen	(Al ₂ (SO ₄) ₃ ·17(H ₂ O))

* Pokud v uvedeném roce není některý z minerálů uveden, nebyl mezi analyzovanými vzorky identifikován.

Oblouk, místo odběru	Léto 2003	Zima 2004	Léto 2004
III-5 C			
	krystaly trony Na ₃ (HCO ₃)(CO ₃)·2(H ₂ O)	krystaly sádrovce a Na chloritu s jemným povlakem jílových minerálů	krystaly sádrovce pokryté jílovými minerály
IV-4-D			
	detail jarositu – síranu K a Fe	krystaly alunogenu	krystaly sádrovce

Obr. 17. Postupná změna minerálního složení eflorescentů v ročním cyklu na vybraných odběrových místech III. a IV. oblouku Karlova mostu. Výsledkem působení degradačních procesů na stavební kámen Karlova mostu je ve finální fázi porušení struktury pískovců s. l. a mechanický rozpad hornin (stavebních kamenů). Nejintenzivněji se exfoliace projevuje na lící straně pískovcových kvádrů s. l. (obr. 17 až obr. 19). (Cameca, foto R. Čopjaková)

Tab. 8. Pevnost v tlaku pískovce ve stavu nasyceném a vysušeném na tělesech o průměru 50 mm a ukazatel změknutí [Cikrle]

Zkušební těleso	Lokalita	Výchozí surovina		Stavební kámen Karlova mostu				ukazatel změknutí* KZ_c
		pevnost v tlaku [MPa]						
		nasyceném $R_{c,n}$	vysušeném R_c	nasyceném $R_{c,n}$		vysušeném R_c		
		jednotlivá	průměrná	jednotlivá	průměrná			
B 1	Božanov	51,7	57,0		33,9	47,4	44,1	0,77
B 3	Božanov			33,9		40,8		
N 1	Nučice	35,0	49,0	52,8	45,1	58,2	60,3	0,75
N 3	Nučice			31,9		70,3		
N 5	Nučice			50,5		52,4		
V1	Vyšehořovice	20,0	25,0	27,6	27,6	26,3	26,3	1,05
Z 1	K. Žehrovice	55,4	70,2	41,6	45,6	58	58,5	0,78
Z 3	K. Žehrovice			51,9		61,2		
Z 5	K. Žehrovice			43,2		56,4		

* Klesající hodnoty ukazatele změknutí dokumentují snižování pevnosti v tlaku (kvality) stavebního kamene při zvýšení vlhkosti.

Tab. 9. Kolísání vlhkosti a salinity ve spárách na pilířích č. 12 a 13 (leden až duben 2004)

Pilíř	Vlhkost [%]		Koncentrace solí [% hm.]			
	min.	max.	SO ₄ min.	SO ₄ max.	NO ₃ min.	NO ₃ max.
12	1,2	9,9	34,3	91,6	4,9	9,8
13	3,6	41,5	23,7	38,7	22,5	120,4

120 mg/g pískovce. Takovéto hodnoty většinou výrazně překračují údaje směrnice WTA 4-5-99 [26], která pro vysoké zasolení sírany uvádí hodnotu 2,5 mg/g staviva. Zatímco v polovině roku 2004 byly hodnoty SO₄ nižší než 2,5 mg/g pískovce nalezeny na III. oblouku v pěti případech, na IV. oblouku v sedmi případech a na VI. oblouku v jednom místě, na podzim v roce 2004 stoupla již salinita na všech sledovaných místech nad tuto hodnotu.

- Velmi výraznou změnou prošly **koncentrace solí dusíku**. Výrazný pokles maxim byl zaznamenán u dusičnanů, kde se průměrné hodnoty v roce 2004 ustálily na dvouřetinových až polovičních hodnotách proti roku 2003. Tento jev je možné s velkou pravděpodobností připsat aktivitě denitrifikačních bakterií, které byly na povrchu pískovců opakovaně prokázány.

- Vrtky provedené na III. a IV. oblouku prokázaly, že v hloubce 210 mm se vyskytují **sekundární maxima SO₄ a NO₃**, která překračují koncentrace tolerované podle WTA 4-5-99 [26]. Je zřejmé, že i v hlubších vrstvách pískovcového obložení Karlova mostu může docházet k porušení homogenity pískovcového kamene s následným odpadnutím povrchových vrstev o tloušťce minimálně 100 mm. To je také dobře patrné na oblouku nad Čertovkou.

- **Úroveň pH pat oblouků**, která proti roku 2003 klesla v roce 2004 místy až o 4,5 stupně (z 9,5 na 4), se vrátila k vyšším hodnotám a v letních měsících a na podzim roku 2004 dosáhla na všech sledovaných místech hodnoty minimálně 5,5 až 6.

- Vzestup **koncentrace iontů vápníku**, a to jak ve vodě, která vytéká z odvodňovací trubky na VI. oblouku, tak na povrchu pískovcových kamenů Karlova mostu, zřejmě souvisí jak s vysokou koncentrací dusičnanů ve vytékající vodě (pravděpodobně Ca(NO₃)₂), tak síranů na povrchu kamene Karlova mostu (tvorba CaSO₄). Přítomnost iontů Ca²⁺ zřejmě souvisí s pokračující degradací betonových vysprávek.

- **Hydratační a krystalizační tlaky sekundárních solí** již vytvořily trhlinový systém, který ohrožuje stabilitu povrchových vrstev pískovcového kamene. Za blíže neurčené časové období může dojít lokálně až ke kritickému stavu, kdy z vnitřního líce oblouků začnou odpadat větší kamenné části. Takovéto lokality byly již dříve nalezeny [13].

- **Cyklické změny objemu sekundárních minerálů**, a tím vyvolané krystalizační tlaky, vedou k rupturnímu porušení struktury stavebního kamene.

- Vlivem **degradace pojiva**, kde se vytváří asociace sekundárních minerálů (sádrovec, ettringit, thaumasit aj.), a vlivem zvýšené vlhkosti pískovců, ale i ostatních staviv, dochází ke změně fyzikálně mechanických vlastností – především ke snižování pevnosti v tlaku, a následně i ke snižování koeficientu změknutí.

- Prognóza průběhu **chemických a biologických znehodnocení** vychází ze získaných poznatků. Vzhledem k trvalému zvlhčení mostních oblouků Karlova mostu dešťovou vodou předpokládáme trvale vysokou hladinu síranů, které budou vznikat s biotickou i abiotickou stimulací a v čase proměnlivou, ale stále vysokou koncentrací dusičnanů. Pokud bude opravena pouze svrchní konstrukční vrstva mostovky, dojde k postupnému a dlouhodobému snižování vlhkosti v celém objemu tělesa opukové rovnání. Touto metodou se vyloučí vliv gravitační vody, avšak účinky vody vázané v pórovém systému budou trvat i nadále. Bude dlouhodobě docházet k migraci solí z míst jejich vyšší koncentrace do míst s nižší koncentrací a k periodické rekrystalizaci solí v pórovém systému. K a N kamence, sádrovec, jarosit, thaumasit a další druhotné minerály, které působí korozivně na povrchové vrstvy pískovcového kamene, budou velmi dlouho ohrožovat povrchové vrstvy pískovcového kamene Karlova mostu.

- Výsledky dlouhodobého sledování a výsledky laboratorních rozborů prokazují, že **vnitřní vrstvy** tělesa mostu působí jako kolektor infiltrované srážkové vody a současně

jako **donátor minerálních fází**, které sekundárně ovlivňují strukturu a minerální složení nosných částí Karlova mostu.

● Vzhledem k **materiálové heterogenitě** a různému stupni degradace jednotlivých kamenných kvádrů nelze stanovit celkovou křivku degradace stavebních kamenů Karlova mostu. Z dosažených výsledků analýz je však zřejmé, že míra degradace včetně dokumentovaného mechanického porušení povrchových částí kvádrů a dokumentovaného snížení hodnot pevností v tlaku vnitřních partií směřuje k názoru, že **dílič stavební prvky** konstrukce Karlova mostu jsou **významně poškozené**.

4. Výzkum vlhkosti kamenné konstrukce a výplňových vrstev

V období od roku 1983 byla provedena řada měření vlhkosti stavebních materiálů Karlova mostu. V roce 1969 prof. Bechyně [22] na základě provedených průzkumů uvádí:

„Plněním průzkumu s dlouhodobým, soustavným pozorováním stavby až do r. 1967, totiž prohlídkami v sondách, měřením deformací vyvolovaných atmosférickými změnami, sledováním změn šířek trhlin a prosakováním vody z kleneb, bylo přesvědčivě zjištěno, že hlavní příčinou poruch pískovcového zdiva mostu bylo a je pouze vnikání srážkové vody do mostu do vrstvy nad klenbami a zdiva kleneb. Tato voda promáčí a nasycuje zdivo, zvláště pak hlinité vrstvy nad klenbami, hromadí se v dutinách a odtud vniká do kleneb způsobujíc urychlené zvětvování kamenů méně odolných.“

Vlhkost výplňových vrstev tělesa mostu byla zjišťována odběrem vzorků z kopaných nebo vrtaných sond (obr. 20). Celkem bylo v období od roku 1983 do roku 2004 provedeno 9 kopaných sond a 12 vrtaných sond. Výsledky laboratorního měření hmotnostní vlhkosti jednotlivých materiálů jsou graficky zpracovány na obr. 21 a v tab. 10.

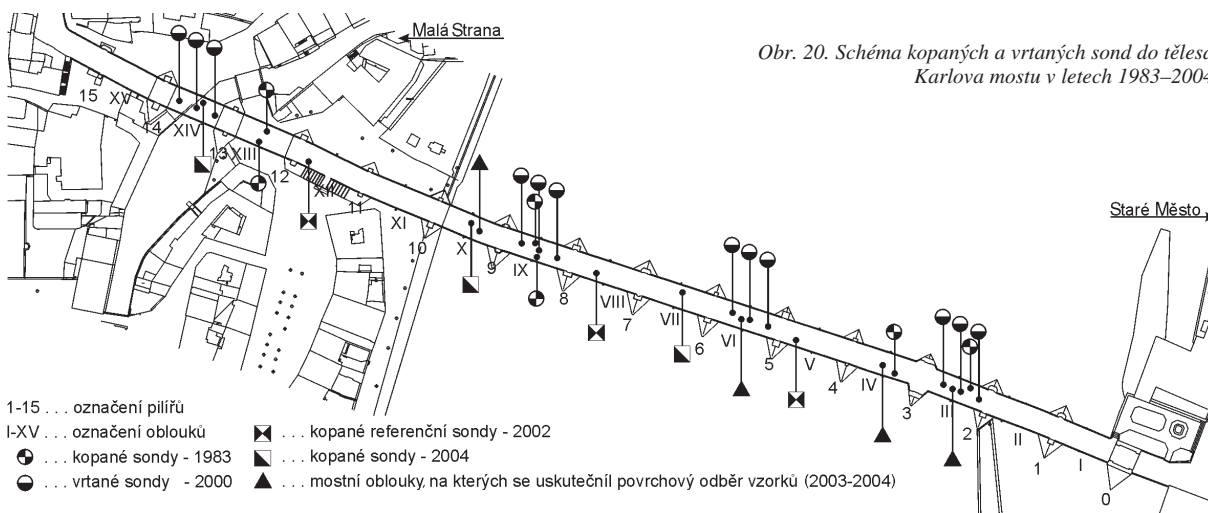
Tab. 10. Hmotnostní vlhkost pískovce a směsi solí sejmутých s povrchu Karlova mostu v závislosti na relativní vlhkosti vzduchu [Wasserbauer]

Materiál	Relativní vlhkost vzduchu	
	84 %	96 %
pískovec nasycený solemi	3,9	5,6
solí sejmутé s povrchu mostu	5,3–7,7	7,3–14,5

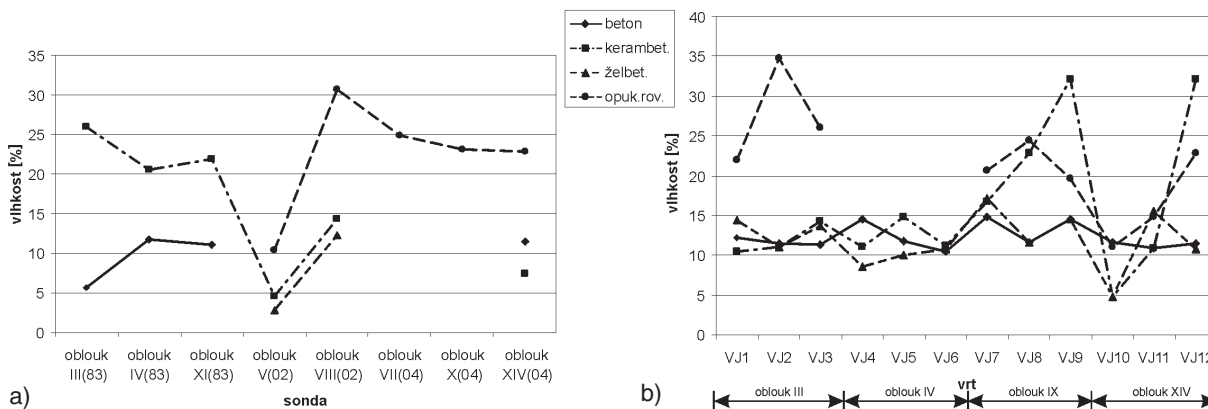
Ze znázorněných průběhů vlhkosti (obr. 21) je patrná vysoká až velmi vysoká vlhkost tělesa mostu, zvýšená nasákavost (pórozita) jednotlivých materiálů a rozdílná intenzita zatékání a množství sekundárních solí v jednotlivých obloucích mostu.

Kopané sondy umožnily podrobnější průzkum složení výplňových vrstev tělesa mostu, jejich provedení odkrylo některé konstrukční detaily. Extrémní hodnoty vlhkosti ve výplňových materiálech mostního tělesa, stanovené z odebraných vzorků (gravimetrickou metodou) 6. 9. 2002 v sondě nad VIII. obloukem, činí:

- keramzitbeton 28,52 % hm.,
- opuka 9,32–19,38 %,
- pískovec 5,64–12,27 %,
- malta v opukové rovině 9,76–24,79 %.



Obr. 20. Schéma kopaných a vrtaných sond do tělesa Karlova mostu v letech 1983–2004



Obr. 21. Vlhkost výplňových materiálů tělesa mostu a) průběh vlhkosti z kopaných sond – 1983, 2002, 2004, b) průběh vlhkosti z jádrových vrtů

V roce 2000 bylo z mostovky provedeno **12 jádrových vrtů** do tělesa mostu v obloucích III., VI., IX. a XIV. (obr. 21). Materiálové vzorky se odebíraly rotačním jádrovým vrtáním \varnothing 137 mm bez výplachu, aby mohla být stanovena vlhkost a obsah vodorozpustných solí.

Hodnoty vlhkosti v jednotlivých vrstvách mostu byly vysoké až velmi vysoké, místy byl vynesena materiál až kašovitě konzistence. V jednotlivých vrtech byla zjištěna tato vlhkoštní maxima:

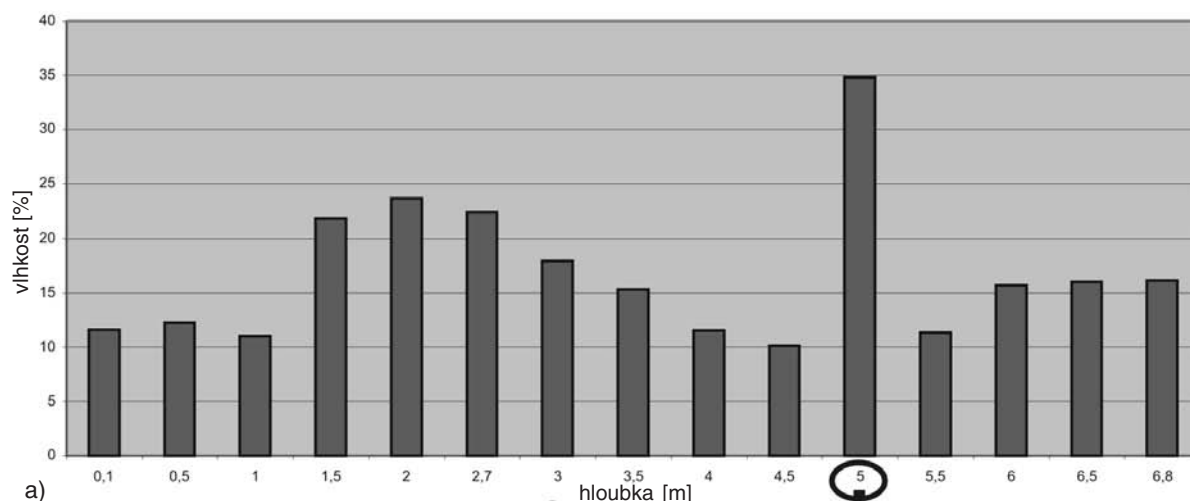
- III. oblouk: v hloubce 2,5 až 2,7 m a 4 až 4,2 m jílovito-písčité frakce dosahují vlhkosti 27 %, v hloubce 5 m malta s úlomky opuky a vápence 35 %;
- VI. oblouk: vlhkost vrstev se pohybuje mezi 8 až 15 %;
- IX. oblouk: v hloubce 0,5 m má keramzitbeton vlhkost 31 %;

v hloubce 2,3 m a 6 m opuková rovnánina s horizontálními vrstvami malty 24 %;

- XIV. oblouk: v hloubce 0,3 m dosahuje keramzitbeton vlhkosti 32 %; v hloubce vrtu 2,5 m a 4 m opuková rovnánina měla vlhkost 14 % hm.

Na obrázku 22 je znázorněn průběh vlhkosti v závislosti na hloubce vrtu VJ2 a vizuálně pozorovatelné změny na povrchu pískovcových bloků poprsní zdi v souladu se zjištěnou vlhkostí (III. oblouk). Na obrázku 23 je znázorněna rozdílnost tloušťky a nepravidelnosti složení výplně tělesa mostu.

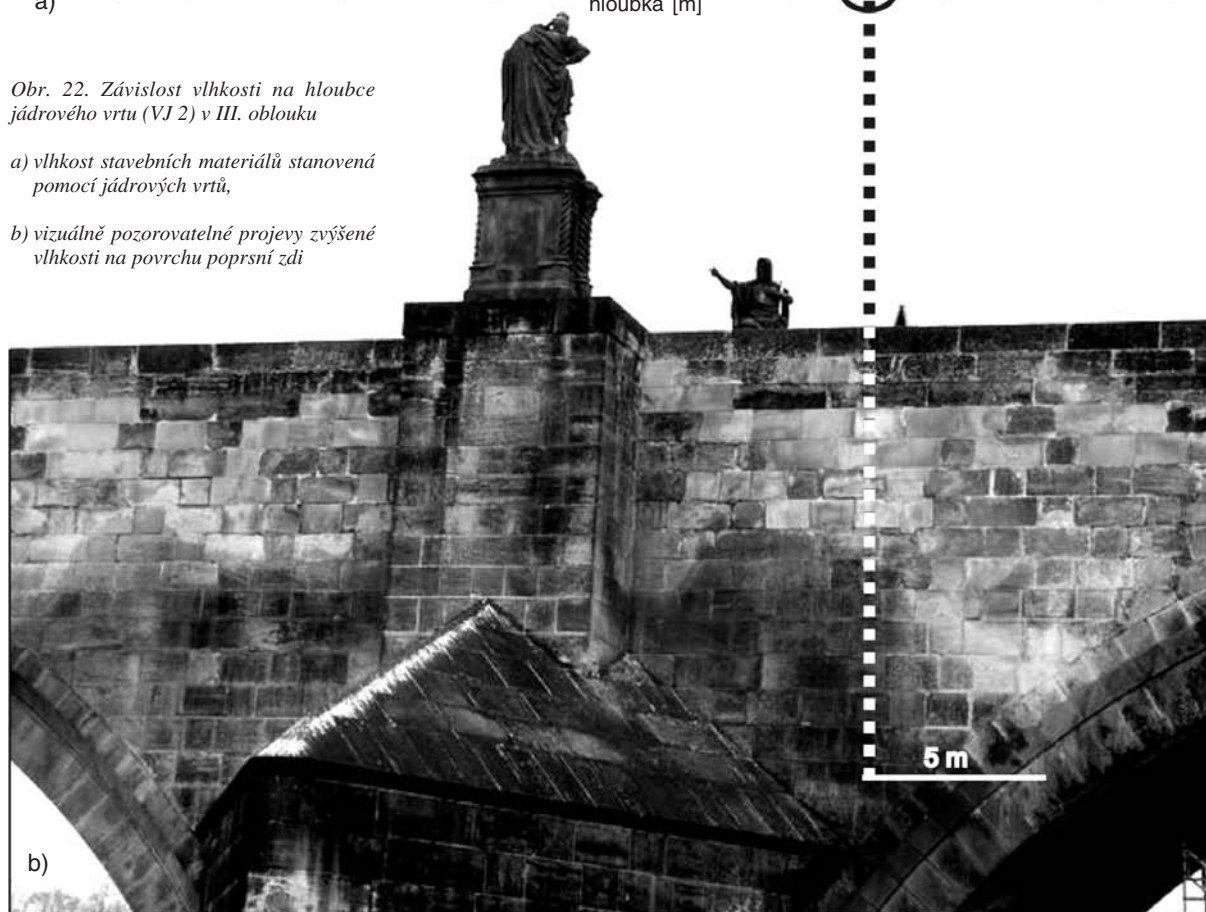
Vlhkost kamenné mostní konstrukce byla zjišťována laboratorně (gravimetrickou metodou) částečně ze vzorků z odebraných vývrtů, a převážně ze vzorků odebraných z povrchové vrstvy. Celkem bylo v roce 1994 provedeno 25

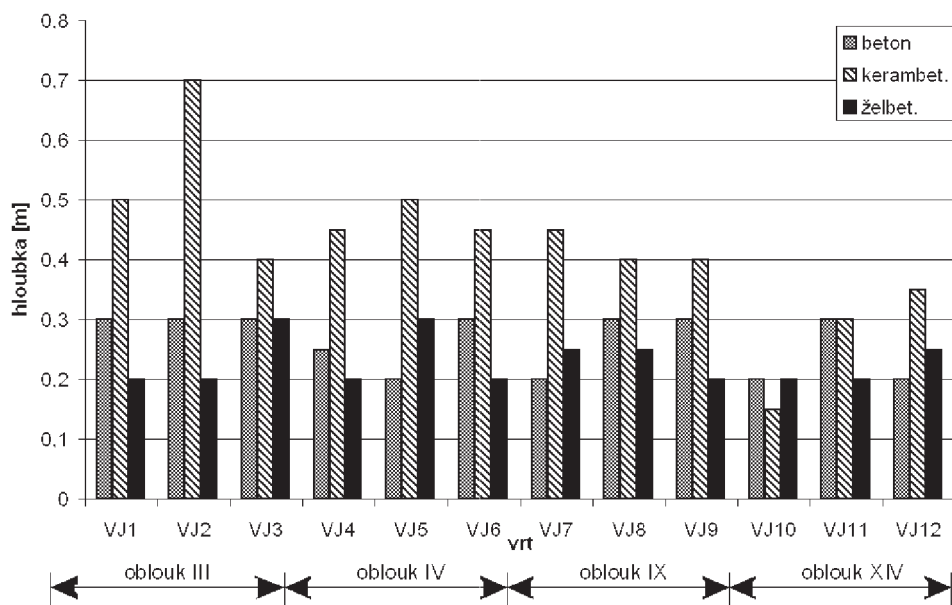


Obr. 22. Závislost vlhkosti na hloubce jádrového vrtu (VJ 2) v III. oblouku

a) vlhkost stavebních materiálů stanovená pomocí jádrových vrtů,

b) vizuálně pozorovatelné projevy zvýšené vlhkosti na povrchu poprsní zdi





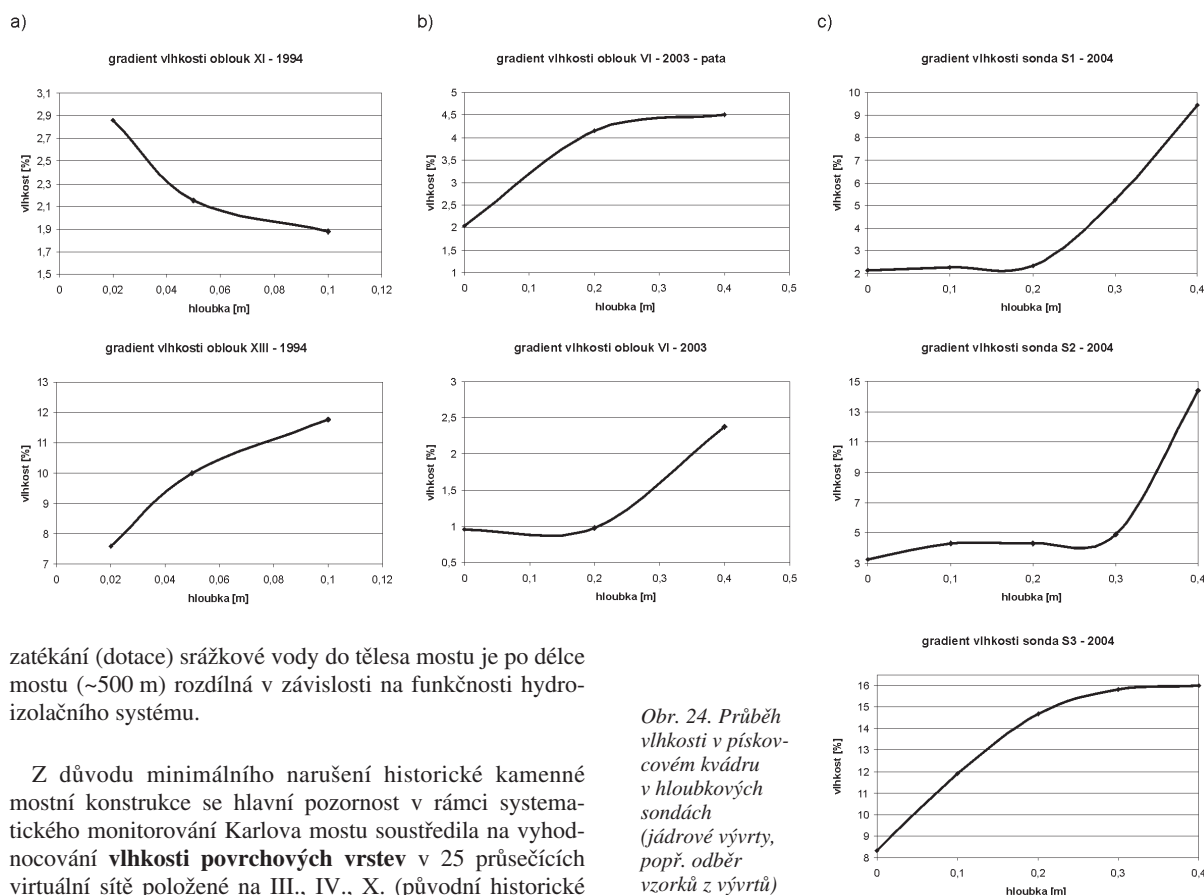
Obr. 23. Tloušťka a skladba výplňových vrstev tělesa Karlova mostu

jádrových vrtů, které umožnily stanovit vlhkost do hloubky 100 mm, a v roce 2003 odběr ze 3 vrtů v VI. oblouku do hloubky 400 mm a ze 3 vrtů v mostním XI. oblouku v roce 2004. Výsledky těchto měření jsou graficky zpracovány na obr. 24.

Z průběhu gradientu vlhkosti do hloubky pískovcových kvádrů je patrný nárůst vlhkosti směrem do tělesa mostu, který je způsobený převážující dotací vlhkosti, jejíž příčinou je zatékání srážkové vody do tělesa mostu, ve srovnání s ostatními zdroji vlhkosti pískovcových kvádrů. Intenzita

Nasákavost jednotlivých druhů pískovcových bloků Karlova mostu se pohybuje v poměrně širokém rozmezí 3,4 až 11,85 % [Hošek, 1994], popř. 5,49 až 10,86 % [Bouška, 2003], zjištěná z odebraných vývrtů. Nasákavost nepoužitého božanovského pískovce odebraného z lomu [21] byla stanovena v rozmezí 5,5 až 6,1 % hm. (tab. 6), zatímco nasákavost u stejného druhu pískovce odebraného ze VI. oblouku Karlova mostu byla stanovena v rozmezí 6,37 až 12,95 % hm. Nasákavost opuky je 13,1 % hm. [Kotlík].

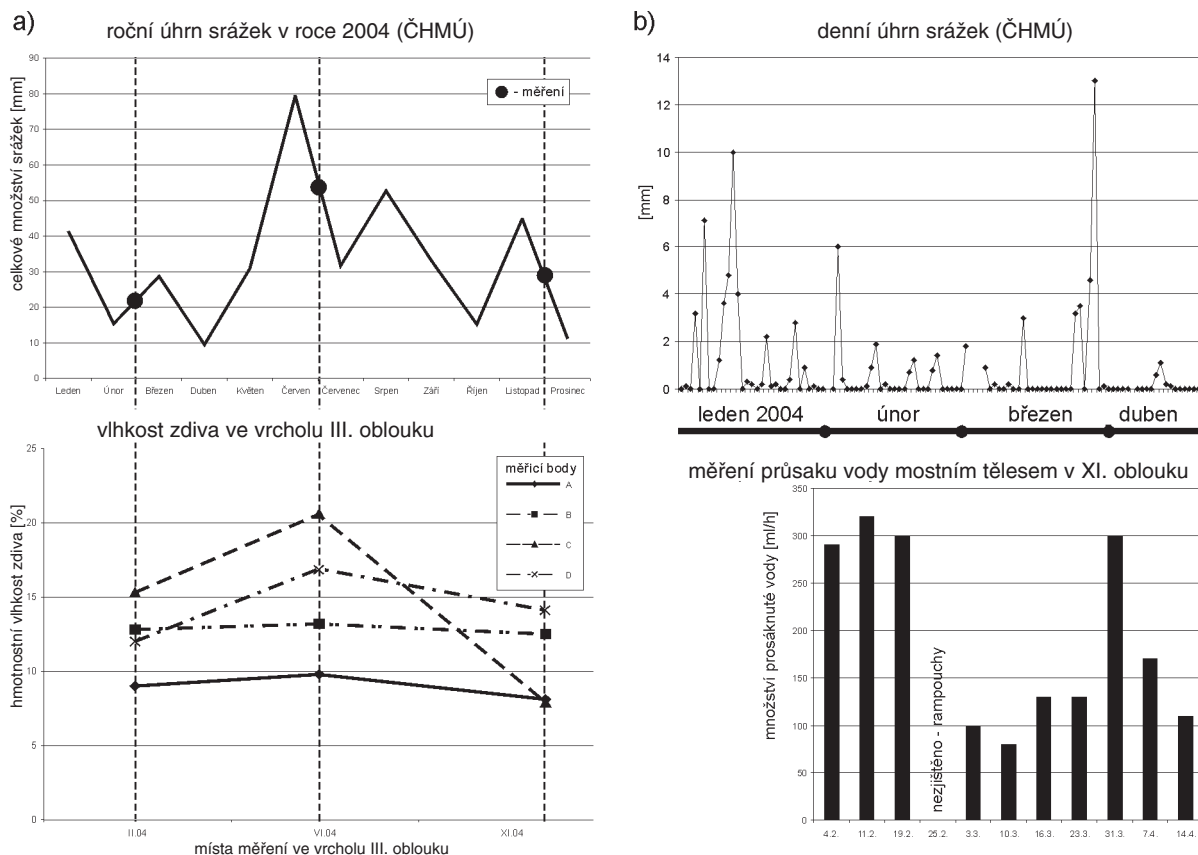
klenby) a VI. (opravený v r. 1891) líc mostní klenby (obr. 5). Odběry vzorků povrchových vrstev se uskutečnily v několika ročních obdobích – 7/2003, 6/2004, 2/2004 a 11/2004. Tím byly získány hodnoty povrchové vlhkosti umožňující částečně posoudit vliv ročního období na vlhkost pískovcových bloků (obr. 25).
Při analýze zjištěných hodnot laboratorně stanovených hmotnostních vlhkostí je nutné vzít v úvahu významný vliv druhu a stáří kamenných bloků, hygroskopických vlastností přítomných solí a povrchovou sorpci.



zatékání (dotace) srážkové vody do tělesa mostu je po délce mostu (~500 m) rozdílná v závislosti na funkčnosti hydroizolačního systému.

Z důvodu minimálního narušení historické kamenné mostní konstrukce se hlavní pozornost v rámci systematického monitorování Karlova mostu soustředila na vyhodnocování vlhkosti povrchových vrstev v 25 průsečících virtuální sítě položené na III., IV., X. (původní historické

Obr. 24. Průběh vlhkosti v pískovcovém kvádrů v hloubkových sondách (jádrové vývrtu, popř. odběr vzorků z vývrtů)



Obr. 25. a) Porovnání povrchové vlhkosti ve vrcholu III. mostního pole a intenzity měsíčního úhrnu srážek, b) porovnání množství průsaku vody mostním tělesem XI. oblouku a denního úhrnu srážek

Vzorky pískovce, popř. malty, byly odebírány z povrchu spodního líce kamenných kleneb (III., IV., VI. a X. oblouk). Měření povrchové vlhkosti pískovcových bloků a malty bylo prováděno podle ČSN 72 2448 [27] gravimetrickou metodou.

Oblouk III.

Povrchová vlhkost tohoto oblouku je nejvyšší ze všech 4 sledovaných. Ve vrcholu klenbového oblouku dosahovala v roce 2003 ve spárách hodnot 13,5–15,1 %, v kameni 8,4–12,5 %, v roce 2004 ve spárách 12–20,6 % a v kameni 9,8–17,9 %. Průsak vody se místně projevuje výrony vody ze spár a trhlin (obr. 26). Při zimních měřeních došlo k poklesu hodnot vlhkosti proti letním měřením. Setrvalý stav velmi vysoké vlhkosti zůstává ve vrcholu oblouku v rozsahu 11–15 %. Erozním působením deště na kamenné bloky na krajích klenby je poznamenána velmi vysoká hodnota povrchové vlhkosti v patě klenby (15 % v pozici 5A).

Oblouk IV.

Nejvyšší obsah povrchové vlhkosti v konstrukci byl zjištěn ve vrcholu klenby na severní straně mostu, kde se hodnoty stanovené při letním měření v roce 2003 a 2004 pohybují mezi 10,2–24,1 %. Při zimním měření byly zjištěny hodnoty povrchové vlhkosti ve vrcholu 10–13 % s maximem 15 %.

Oblouk VI.

Oblouk byl znovu postaven po povodni v roce 1890. Jeho vlhkost je ze všech 4 sledovaných oblouků relativně nejnižší, hodnoty vlhkosti v celém oblouku jsou v rozsahu 1,1–10,4 %. Ve vrcholu oblouku však byla zjištěna v létě 2003 lokální maxima povrchové vlhkosti 24 %, při zimním měření v horní části klenby 4 hodnoty povrchové vlhkosti v rozsahu 11–12 %. V klenbě jsou proraženy dva otvory, v nichž jsou osazeny trubky pro odvod vody z vnitřních vrstev mostu.

Oblouk X.

Ve vrcholu oblouku byly zjištěny velmi vysoké hodnoty povrchové vlhkosti 10,8–14,8 %. V obou prostředních profilech 12,6–14,2 % a

15,6–22,9 %, hodnoty povrchových vlhkostí v zimním období klesly na 11–14 %.

Oblouk XI.–XV.

Na těchto obloucích nad Kampou byla zjišťována povrchová vlhkost kamene a spár odběry v pravidelných týdenních intervalech v období leden a duben 2004. Extrémní hodnoty vlhkosti v rozsahu 25–42 % byly naměřeny na XIII. oblouku ve spáře zdiva s lokálním výronem vody.

Poznámka:

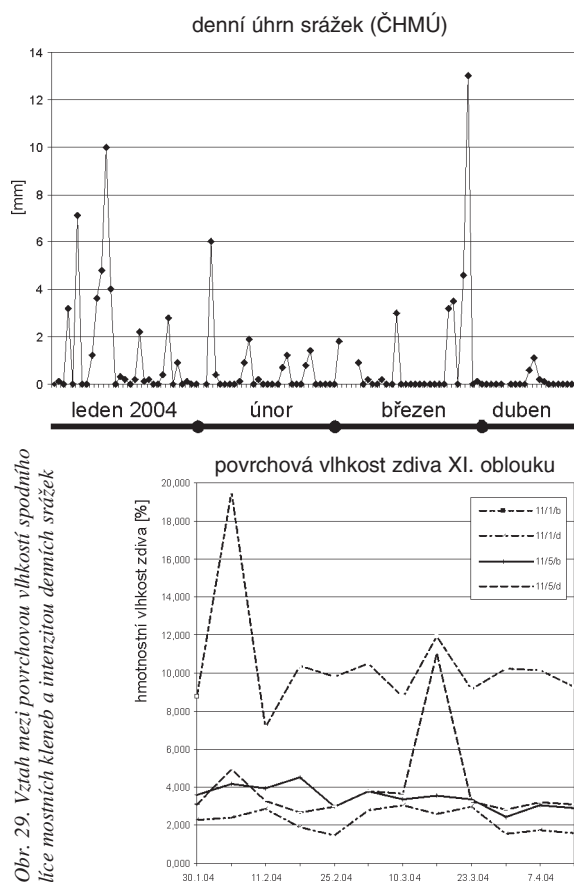
Vysoká vlhkost ve vrcholech klenby může být ovlivněna průsakem vody do konstrukce v místě nevhodných detailů u vpustí a jejich návaznosti na chrliče. Odvodnění povrchu mostu je situováno v příčné ose kleneb – tedy v místech s vysokým obsahem vlhkosti na spodním líci klenbových oblouků.

Na obrázku 27 a 28 je znázorněna povrchová vlhkost na líci III. a X. klenbového oblouku a na obr. 29 na líci XI. až XV. oblouku

Vysoké hodnoty vlhkosti materiálů tělesa mostu, popř. pískovcových bloků, ve srovnání s nasákavostí jsou způsobeny změnou pórového systému v důsledku vymývání rozpustných složek pojiva. Rozdíl pórových systémů jednotlivých druhů pískovce je značný. Minimální pórovitost změřená na odebraných vzorcích byla 11,8 mm³·g⁻¹, maximální 80,8 mm³·g⁻¹. Laboratorní měření pevnostních charakteristik, nasákavosti a porozity prokázalo, že čím vyšší je pórozita, tím nižší je modul pružnosti a vyšší nasákavost daného druhu pískovce. Rozdíl mezi pórozitou vzorků z vnitřní strany od vrtu a z povrchové zóny prokázal, že u většiny vzorků je degradace pískovce dosti značná (obr. 11 a obr. 12) [Gregerová].

Specifickou příčinou závažných poruch pískovce je bobtnání jílových minerálů, které díky svému chemickému

složení a prostorovému uspořádání molekul jsou schopny vázat do mřížky vodu, a tak zvětšovat svůj objem za vzniku destruktivních dilatačních trhlin. Podíl jílu u některých pískovců je 10–15 %, arkózy mají obsah jílu podstatně vyšší [Hošek].



Obr. 29. Vztah mezi povrchovou vlhkostí spodního líce mostních kleneb a intenzitou denních srážek

Vliv sorpce (desorpce) popisuje rovnovážná vlhkost materiálů v závislosti na relativní vlhkosti vzduchu. Podle [15] relativní vlhkosti vzduchu v rozmezí od 35 do 100 % odpovídá rovnovážná vlhkost pískovce v rozmezí 0,5 až 6 % hm., popř. vápenné malty v rozmezí 0,5 až 4 % hm. Z tohoto hlediska může mít významný vliv na vlhkost povrchových vrstev při relativně rychlém vzrůstu (nebo poklesu) vlhkosti (teploty) povrchová kondenzace. Teplota povrchů masivních kamenných bloků (výšky 700 až 1 100 mm) není schopná tento vzestup (pokles) sledovat dostatečně rychle, a tím se může dostat pod (nebo nad) teplotu rosného bodu okolního vzduchu. Výsledkem je kondenzace vodní páry (nebo naopak difúze – desorpce) obsažené v okolním vzduchu (v konstrukci). Důsledkem je zvýšení nebo snížení vlhkosti povrchových vrstev. Vzhledem k výše uvedeným hodnotám závislosti rovnovážné vlhkosti materiálů na relativní vlhkosti vzduchu lze předpokládat, že zejména nízké hodnoty povrchové vlhkosti stanovené ze vzorků odebraných z povrchu pískovcových bloků, popř. spojovací malty, mohou být ovlivněny v rozsahu až několika procent (2 až 4 % hm.) v závislosti na teplotě a vlhkosti vzduchu v období odběru a několika dnů před odběrem vzorků.

Chemické analýzy vzorků odebraných z povrchu pískovcových kamenů dokládají přítomnost **vodorozpuštěných hygrokopických solí**. Jde zejména o dusičnan amonný (NH_4NO_3), dusičnan vápenatý $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, chlorid vápenatý CaCl_2 . Podle [16] se např. rovnovážná vlhkost cihel v závislosti na obsahu solí (2,9 až 10,7 % hm.) a relativní vlhkosti

vzduchu (65 až 97 %) pohybuje od 1 do 12,1 % hm., přičemž v případě nulového obsahu solí se v uvedeném rozsahu relativní vlhkosti vzduchu pohybuje vlhkost cihly od 0,1 do 0,3 % hm. (experimentálně ověřené hodnoty). Lze tedy předpokládat, že obsah solí v pórovém systému a na povrchu pískovcových bloků má významný vliv na obsah vlhkosti a celoročně na vlhkostní režim v řádu několika procent hmotnostní vlhkosti. Při vysoké koncentraci solí nad 10 % hm. může zvýšení vlhkosti zasoleného pískovce dosahovat více než 14 % hm. (tab. 10).

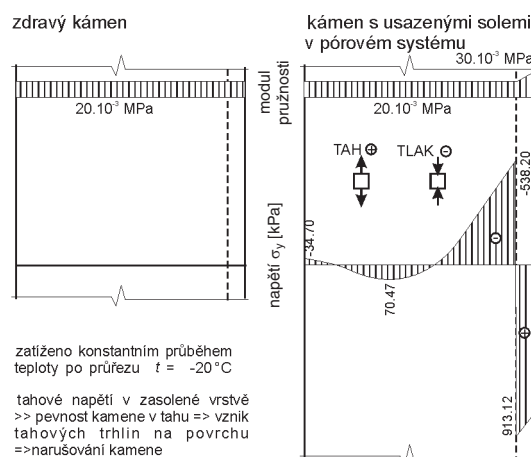
Shrnutí

- Monitorování kamenné konstrukce a výplňových vrstev Karlova mostu prokázalo trvale **zvýšenou až velmi vysokou vlhkost** těchto materiálů, která se pohybuje v širokém rozmezí.

- Porovnání nasákavosti původních pískovců a nasákavosti vzorků pískovců odebraných z Karlova mostu prokazuje (spolu s dalšími výzkumy – viz např. obr. 11 a obr. 12) **změnu pórového systému** pískovcových bloků Karlova mostu způsobenou postupným vyplavováním vodorozpuštěných složek pojiva. Tento postupný ireverzibilní proces má za následek zvýšení nasákavosti a postupné zhoršování významných fyzikálně mechanických vlastností pískovcových bloků až do jejich narušení.

- K hlavním zdrojům zvýšené až velmi vysoké vlhkosti pískovcových bloků patří **zatékání srážkové vody**, nefunkční systém hydroizolace a odvodnění mostu a obsah hygrokopických solí v pórovém systému výplňových materiálů mostního tělesa a kamenné konstrukce Karlova mostu, a zejména v povrchových krustách. Vlhkostní režim povrchových vrstev pískovcových bloků může být v menším rozsahu celoročně ovlivňován také sorpcí (desorpce).

Části konstrukce a materiály zasažené průsakem vody vykazují velmi vysokou vlhkost v rozmezí 15 až 25 % s extrémně 30 až 40 % a hodnoty vlhkosti dosahují maxima v závislosti na srážkovém úhrnu. V částech mostní konstrukce, kde nedochází k průsakům srážkové vody, vykazují materiály nízkou, popř. zvýšenou vlhkost v rozmezí 2 až 8 % s malými amplitudami. Obsah hmotnostní vlhkosti je v těchto případech ovlivňován zejména salinitou, relativní vlhkostí vzduchu, sorpcí (desorpce) a povrchovou kondenzací.



Obr. 30. Vliv usazování solí v pórovém systému na vznik přídatných namáhání a následně mechanické porušování kamenných bloků

- Zvýšená vlhkost pískovcových bloků je významný faktor z hlediska **biochemických, chemických a fyzikál-**

ních **degradačních procesů** historické kamenné mostní konstrukce.

● **Usazování solí v povrchových vrstvách a na povrchu pískovcových bloků** (vytváření krust) má progresivní vliv na narušování pískovcových bloků, k němuž přispívají napětí způsobená hromaděním difundující vodní páry na rozhraní vrstvy s vyšším difúzním odporem, napětí způsobená změnou vlastností (modulu pružnosti, součinitelů tepelné a vlhkostní roztažnosti v důsledku změny pórového systému vyplněného usazenými solemi) povrchových vrstev proti vnitřním vrstvám (*obr. 30*) a napětí vznikajícího při hydrataci usazovaných solí. Konečným produktem těchto procesů je narušení koheze na rozhraní této „fázové“ změny a postupné odpadávání a rozpad povrchovým vrstev.

Príspevek byl vypracován za podpory projektu č. 103/02/0990 GA ČR „Výzkum vlivu nesilových účinků a agresivního prostředí na stárnutí historických staveb se zvláštním zaměřením na Karlův most v Praze“.

Literatura

- [1] Karlův most – stavebně historický průzkum. Státní ústav pro rekonstrukci památkových měst a objektů, Praha, listopad 1983.
- [2] Novotný, K. – Poche, E.: Karlův most. Praha, Pražské nakladatelství V. Poláčka 1947.
- [3] Vitruvius: Deset knih o architektuře. Antická knihovna, sv. 42. Praha, Svoboda 1979.
- [4] Bažant, Z.: Expertiza stavu mostních pilířů Karlova mostu v Praze. Praha, 1966.
- [5] Bechyně, S.: Stavitelství mostů kamenných a betonových. Spolek posluchačů ČVUT v Praze, 1929.
- [6] Fischer, J. – Fischer, O.: Pražské mosty. Praha, Akademia 1985.
- [7] Witzany, J. a kol.: Teoretický a experimentální výzkum Karlova mostu. Stavební obzor, **13**, 2004, č. 4. s. 97–111.
- [8] Janáček, J.: Malé dějiny Prahy. Praha, Panorama 1983.
- [9] Kolář, J. – Klokner, F.: Mosty kamenné a cihelné. Technický průvodce 11. Praha, Technicko-vědecké vydavatelství 1951.
- [10] Mittasch, W. – Bränning, K.: Bau und Berechnung von Brücken. Teubner Verlag 1933.
- [11] Velflík, A. V.: O čtyřech středověkých kamenných mostech v Čechách, založených v letech 1169–1357. Technický obzor, 1921, č. 18.
- [12] Witzany, J. a kol.: Chemická a biochemická degradace Karlova mostu, analýza odolnosti a bezpečnosti kamenné mostní konstrukce při povodni, průzkum základového zdiva a základů mostních pilířů. Stavební obzor, **12**, 2003, č. 6, s. 161–190.
- [13] Witzany, J. a kol.: Karlův most – hodnocení stavebně technického stavu. Stavební obzor, **11**, 2002, č. 8, s. 225–249.
- [14] Vachtl, J.: Přílepský mlýnský kámen. Kámen, **16**, 1935, č. 8/9.
- [15] Landa, R. – Kyš, K. – Slavík, O.: Rekonstrukce a opravy budov. Praha, SNTL 1983.
- [16] Weber, H.: Mauerfeuchtigkeit. Ursachen und Gegenmassnahmen. Ehningen bei Böblingen, ExpertVerlag 1984.
- [17] Witzany, J. – Mencl, V. – Hošek, J. – Pospíšil, J. – Gregerová, M. – Wasserbauer, R. – Hruška, A. – Rocker, J. a kol.: Odborné stanovisko k opravě a rekonstrukci Karlova mostu. Fakulta stavební ČVUT, Fakulta stavební VUT, Masarykova univerzita Brno, Kloknerův ústav ČVUT, Praha, 1994.
- [18] Witzany, J.: Monitorování a hodnocení vnějších vlivů a nesilových účinků vnějšího prostředí na kulturní památky se zvláštním zaměřením na Karlův most – projekt č. 31/1999/OPP MK ČR. Fakulta stavební ČVUT, Praha, 2000.
- [19] Witzany, J.: Výzkum vlivu nesilových účinků a agresivního prostředí na stárnutí historických staveb se zvláštním zaměřením na Karlův most v Praze – projekt č. 103/02/0990 GA ČR. Fakulta stavební ČVUT, 2002–2004.
- [20] Witzany, J.: Stavebně technický stav a rekonstrukce Karlova mostu. Časopis ČKAIT, 1997.
- [21] Záruba, J. – Bouška, P. – Štemberk, P. – Vokáč, M.: Průběžná zpráva o sledování deformací konstrukcí Karlova mostu a měření mechanicko-fyzikálních vlastností kamene z lokalit použitých při výstavbě mostu – projekt č. 103/02/0990 GA ČR. Kloknerův ústav ČVUT, Praha, 2003.
- [22] Přípis akademika S. Bechyněho, týkající se posouzení námitek prof. Ing. Z. Bažanta, DrSc., k navržené a realizované rekonstrukci KM, adresovaný SÚRPMO Praha (02/1969).
- [23] Saiz-Jimenez, C.: Biodeterioration vs Biodegradation: the Role of Microorganisms in the Removal of Pollutants Deposited on Historic Buildings. International Biodeterioration & Biodegradation, **40** (2–4) 225–232, 1997.
- [24] Gregerová, M. – Pospíšil, P.: Výsledky mineralogicko-geochemického studia eflorescentů Karlova mostu v Praze. Uhlí, rudy a geologický průzkum (v tisku).
- [25] Winkler, E. M.: Stone: Properties, Durability in Man's Environment. – 2nd ed. Vienna and New York, Springer Verlag 1975.
- [26] WTA – směrnice 4-5-99 Posuzování zdiva – diagnostika zdiva. Praha, Česká stavební společnost – WTA CZ, 2004.
- [27] ČSN 72 2448 Stavební vlhkosti a nasákavosti malty. ČSN, 1970.

Witzany, J. – Mencl, V. – Wasserbauer, R. – Gregerová, M. – Pospíšil, P. – Čejka, T. – Zigler, R. – Burgetová, E.: Overall Assessment of Theoretical and Experimental Investigation of Charles Bridge in 1994-2004, Part I

The theoretical and experimental investigation of Charles Bridge, focused mainly on the impact of non-force effects on the bridge stone structure, was conducted from 1994 to 2004. The theoretical and experimental research was concentrated on the exploration of the historical stone structure with regard to mineralogical and petrographic aspects, chemical and biochemical degradation processes, as well as their influence on physical and mechanical properties of the building materials used in the bridge construction. The described investigation was also aimed to monitor the moisture of sandstone and arkosic stone blocks in a long run, and to study deformations and strain of the stone structure of the bridge. Special attention was paid to numerical analysis of the temperature change effect on the stress and deformation of the stone bridge structure, and its interaction with the filling layers of the bridge body, or the impact of some bridge modifications performed in the reconstruction of 1967 – 1975. The numerical analyses comprised an assessment of forced strain caused by the drop, shift, or turning of the footing bottom of the bridge piers as a result of a flood wave. Based on the research outcomes, as well as the monitoring of the influence of the external environment on Charles Bridge, the concept of the repair of the damaged stone bridge structure and the methodology of its long-term monitoring were designed. This paper seeks to summarize and assess the main findings of theoretical and experimental works completed in the given period.

Witzany, J. – Mencl, V. – Wasserbauer, R. – Gregerová, M. – Pospíšil, P. – Čejka, T. – Zigler, R. – Burgetová, E.: **Zusammenfassende Bewertung der theoretischen und experimentellen Untersuchung der Karlsbrücke in den Jahren 1994 bis 2004 – 1. Teil**

In den Jahren 1994 bis 2004 wurde eine insbesondere auf die Problematik des Einflusses lastfreier Einwirkungen auf die steinerne Konstruktion gerichtete theoretische und experimentelle Untersuchung der Karlsbrücke durchgeführt. Die theoretische und experimentelle Untersuchung behandelte die Problematik der historischen Steinkonstruktion vom mineralogischen und petrografischen Gesichtspunkt, die Problematik der chemischen und biochemischen Zersetzungsprozesse und den Einfluss dieser Prozesse auf die physikalisch-mechanischen Eigenschaften der Baumaterialien der Karlsbrücke. Bestandteil dieser Untersuchung war die langzeitige Beobachtung der Feuchtigkeit der Sandstein- und Arkose-Steinblöcke und die Beobachtung der Verformungen der steinernen Brückenkonstruktion. Beson-

dere Aufmerksamkeit wurde einer numerischen Analyse des Einflusses der Temperaturänderung auf die Beanspruchung und Verformung der steinernen Brückenkonstruktion und ihre Interaktion mit den Füllschichten des Brückenkörpers, bzw. dem Einfluss einiger konstruktiver Veränderungen im Rahmen der Reparatur in den Jahren 1967 bis 1975 gewidmet. Im Rahmen numerischer Analysen wurden die Wirkungen der durch das Absinken, die Verschiebung bzw. Verdrehung der Fundamentsohle der Brückenpfeiler infolge der Hochwasserwelle verursachten Zwangsverformungen beurteilt. Auf Grund der Ergebnisse der Untersuchung und Aufzeichnung des Einflusses der äußeren Umgebung auf die Karlsbrücke wurde eine Konzeption zur Reparatur der beschädigten Brückenkonstruktion und eine Methodik für die langfristige Beobachtung entworfen. Im Artikel werden die hauptsächlichen Ergebnisse der theoretischen und Untersuchungsarbeiten im genannten Zeitraum zusammengefasst und bewertet.

• soutěž



Hala roku 2005

Letošní, již čtvrtý ročník soutěže, určené studentům vysokých škol stavebního zaměření, proběhl v reprezentativních prostorách atria Fakulty stavební ČVUT v Praze počátkem ledna. Studentskou soutěž pod záštitou děkana fakulty a České komory autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě vyhláší Katedra konstrukcí pozemních staveb.



Cílem je rozvíjet kreativní schopnosti a cit pro navrhování nosných konstrukcí budov, předmětem je návrh a realizace modelu nosné konstrukce halového objektu. Hodnotícím kritériem je množství materiálu potřebné pro realizaci modelu vyhovujícího daným geometrickým a statickým požadavkům.

V letošním ročníku se soutěžilo ve dvou kategoriích, lišících se typem použitého materiálu (dřevo, papír). V každé kategorii byly vyhodnoceny i nejúspornější a nejunosnější modely. Novinkou byla divácká soutěž o nejlepší odhad únosnosti jednotlivých modelů.

VÍTĚZOVÉ

- **soutěž o nejlehčí konstrukci ze dřeva**
Petr Koupený, Vladimír Špicar, František Tauchman
- **soutěž o nejúspornější konstrukci ze dřeva**
Tomáš Kadeřábek, Josef Havel, Petr Koupený
- **soutěž o nejlehčí konstrukci z papíru**
Milan Mlada, Jiří Bičíš, Milan Mlada
- **soutěž o nejúspornější konstrukci z papíru**
Milan Mlada, Jiří Bičíš, Miroslav Straka

Soutěž, o kterou je mezi studenty velký zájem, je nejen společenskou událostí, příležitostí pro vzájemnou komunikaci studentů a zástupců významných firem zabývajících se projekcí, výrobou či realizací halových objektů, je především příležitostí k ohodnocení úrovně znalostí studentů a jejich schopnosti kreativně řešit zadaný úkol.

Tisková informace

Dostavba centrálního dvorce Národního tenisového centra Morava

Ing. Daniel LEMÁK, PhD.
Ing. Roman KOIŠ
STATIKA Olomouc, s. r. o.

Ing. Jiří KOLBA
STAVTES, Prostějov

Článek popisuje postupné zastřešování tribun centrálního dvorce Národního tenisového centra Morava v Prostějově, řešení nové tribuny a dodatečné posuvné zastřešení samotného centrálního dvorce. Problematika popisovaných konstrukcí je dána jednak hledáním vhodné koncepce nově navrhovaných nosných konstrukcí v návaznosti na související objekty, jednak postupným upřesňováním (rozšiřováním) požadavků investora na rozsah díla.

Úvod

V roce 2002 byla zpracována studie zastřešení dvou tribun centrálního dvorce Národního tenisového centra Morava v Prostějově podél delších stran kurtu a doplnění tribuny nové. V jeho okolí jsou další objekty dispozičně omezující, a tedy i vymezující, nově navrhované konstrukce. O zastřešení centrálního dvorce se v té době neuvažovalo. V letech 2002 a 2003 však vznesl investor požadavek na zastřešení kurtu, které by umožnilo sportovní činnost i za nevhodných klimatických podmínek. Problematika nebyla dána pouze návrhem požadovaných konstrukcí, ale i řešením úprav a zesílení hotových konstrukcí na jejich účinky. Součástí konečného návrhu bylo vymezení podmínek pro používání celého systému.

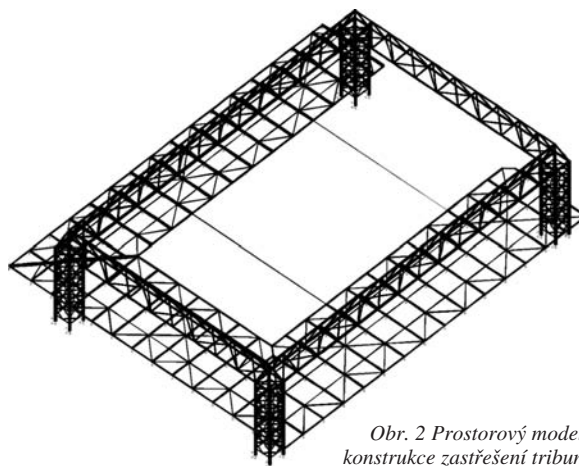


Obr. 1. Konstrukce zastřešení tribun a dvorce

Konstrukce zastřešení tribun

Zastřešení tribun centrálního dvorce bylo vyřešeno jednoduše pomocí hlavního ocelového trojbokého příhradového vazníku umístěného přibližně nad podélnou osou střešní plochy tribun. Výška vazníku byla zvolena 2,5 m, šířka 2 m. Vazník probíhá okolo celého dvorce, půdorysně tedy tvoří obdélník, jehož kratší strana má délku 27,3 m a delší 42,4 m. Vazníky jsou v rozích uloženy na pylony tvořené ocelovou prostorovou příhradovou konstrukcí čtvercového půdorysu

o délce strany 2 m. Všechny prvky vazníků a pylonů jsou z kruhových trubek. Na vazníky jsou zavěšeny příčné nosníky kolmé na osu vazníku v rastru maximálně 3 m. Tvar konstrukce zastřešení tribun je zřejmý z obr. 2.



Obr. 2. Prostorový model konstrukce zastřešení tribun

Vnitřní síly, stabilita a vlastní tvary kmitání konstrukcí tvořící zastřešení tribun byly analyzovány na prutových modelech v programu NEXIS 32-50. Na střešní konstrukci bylo uvažováno zatížení stálé krytinou, která je tvořena trapézovým plechem, deskami z minerální vlny a střešními hydroizolačními fóliemi. Nahodilé užitné zatížení o intenzitě $0,75 \text{ kN/m}^2$ bylo uvažováno pro návrh podvěšených nosníků. Zatížení sněhem bylo uvažováno pro I. sněhovou oblast $0,5 \text{ kN/m}^2$. Zatížení větrem bylo uvažováno pro III. větrnou oblast a terén typu B [4]. Maximální vertikální deformace spodního pásu hlavního vazníku z numerického modelu byla 68,7 mm, maximální horizontální deformace vazníku 26,7 mm. Pro chování konstrukce bylo rozhodující i torzní stočení vazníků dané zejména rozdílem mezi deformacemi obou spodních pásů, které sekundárně zvyšovalo deformaci podvěšeného nosníku zastřešení tribuny.



Obr. 3. Uložení vazníku na pylon před přivařením příruby

Celá konstrukce byla navržena z oceli S235 JR. Spodní pás hlavních vazníků byl vytvořen z trubek $\varnothing 178/5,6$ až 298/11 podle namáhání příslušného vazníku, resp. příslušného místa. Spodní pás vazníků byl po délce odstupňován v rámci montážních dílů. Horní pás je z trubek $\varnothing 140/5$ až 273/8, výplet z trubek $\varnothing 140/5$ až 159/6,3. Hlavní stojky pylonů jsou z trubek $\varnothing 324/16$. Každý ze sloupů pylonu je k základové konstrukci kotven třemi lepenými kotvami M24 z oceli 8.8 tmelem HIT-RE 500, hloubka osazení kotvy 450 mm. Tahová únosnost kotvy byla ověřena zkouškou.

Příčné nosníky podvěšené pod hlavní vazníky jsou tvořeny profilem IPE 220 u zastřešení nad tribunami T1 a T2 (při označení tribun podle schématu na obr. 5) a nad tribunou T3 je tento prvek vytvořen ze $2 \times U260$ vzhledem k většímu vyložení. Zavětrování ve střešní rovině je vytvořeno pomocí úhelníků.

Každý pylon je založen na základové patce o rozměrech $3,5 \times 3,5 \times 1,0$ m, která je podporována 16 mikropilotami délky 7 m s injektovaným kořenem délky 3 m. Mikropiloty jsou se základovou patkou spřaženy tlakově tahovou havicí. Rozhodující pro návrh délky mikropilot byla tahová únosnost celé skupiny.

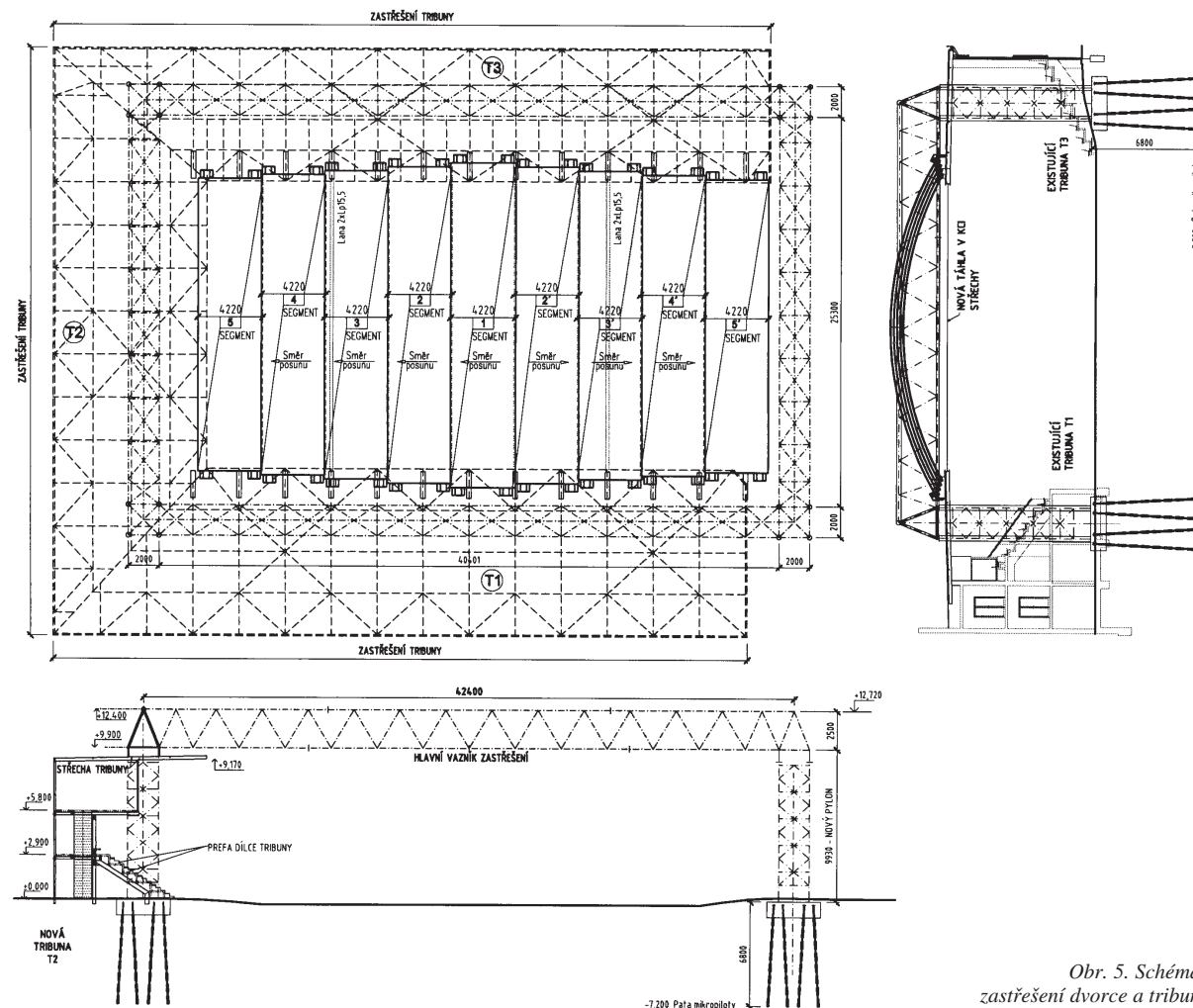
Konstrukce nové tribuny

Ocelová a ocelobetonová konstrukce nové tribuny, provázaná s konstrukcí zastřešení tribun, je částečně zavěšena do hlavního vazníku střechy. Připojení závěsu je rektifikovatelné, takže po osazení stálých zatížení byla konstrukce rektifikována do roviny (obr. 4).

V hlavních prostorách byly navrženy železobetonové filigránové stropní desky tloušťky 50 mm, celkové tloušťky včetně monolitické nadbetonávky 120 mm, spřažené s ocelovou konstrukcí perforovanými lištami [5] (stropní desky ochozů a stropní deska prostoru pro návštěvníky VIP). V místech spojovacího krčku mezi původními tribunami a novou tribunou byla vytvořena stropní ocelobetonová konstrukce z trapézových plechů jako ztraceného bednění s přistřelenými spřahovacími kotvami HVB 95 (technologie HILTI). Všechny spřažené ocelobetonové konstrukce byly v montážním stavu podepírány. Stupně tribuny jsou železobetonové prefabrikované. Nová tribuna byla založena plošně na základových patkách a pásech na hutněném šterkopiskovém polštáři.



Obr. 4. Konstrukce tribuny v době montáže



Obr. 5. Schéma zastřešení dvorce a tribuny

Zastřešení centrálního dvorce

Na začátku roku 2004 projevil investor přání vytvořit posuvné zastřešení centrálního dvorce, které by umožnilo při deštivém počasí zakrýt hrací plochu. Protože v době projektování a výstavby zastřešení tribun nebylo s tímto přitížením uvažováno, byl nejprve podán předběžný návrh konstrukce posuvné střechy. Po analýze účinků na již zhotovenou konstrukci byla stanovena důležitá podmínka možného využití nově navrhované konstrukce posuvné střechy pouze v době, kdy nehrozí její zatížení sněhem.

Zastřešení centrálního dvorce byla navrženo z devíti obloukových segmentů, jejichž dispoziční rozmístění je vidět na obr. 5. Bylo samozřejmě důležité zajistit dostatečnou spolehlivost prvků existující konstrukce zastřešení, ale neméně důležité bylo stanovení horizontální tuhosti celé konstrukce a návrh prvků na její zvýšení. Horizontální tuhost byla důležitá pro stabilitu navržených obloukových segmentů posuvného zastřešení. Výsledkem analýzy byl soubor požadavků na zesílení a úpravu dílčích prvků a styků méně než rok staré konstrukce. Šlo zejména o zesílení některých hlavních nosníků zastřešení tribuny, úpravu a zesílení zavěšení hlavních nosníků na příhradové vazníky a úpravy styků vybraných prvků zavětrování a vazníček.



Obr. 6. Pohled na segmenty zastřešení centrálního dvorce

Po návrhu zesílení konstrukce, kterým byla zajištěna její dostatečná spolehlivost i vertikální tuhost, následoval návrh nových konstrukcí posuvného zastřešení. Šlo mj. o návrh vodítek pro segmenty střechy a návrh předepnutých lan v rovině zastřešení. Pro každý segment bylo na existující konstrukci střechy osazeno jedno vodítko, tvořené čtvercovou ocelovou trubkou $160 \times 160 \times 6$ z oceli S355 J0. Vodítka jsou na hlavní nosníky osazena přes plechy tloušťky 15 mm vyztužené úhelníky. Plechy vynášející vodítka byly k hlavním nosníkům po rektifikaci přivařeny. Podpůrné konstrukce vodítek jsou z oceli S235 JR. Detaily uložení segmentů na vodítka a na nosníky zastřešení jsou zřejmé z obr. 7.

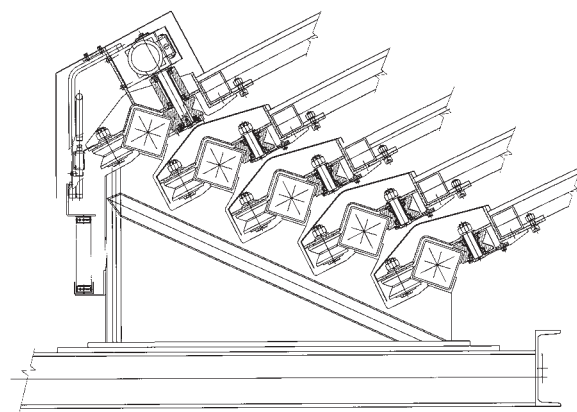
Pro eliminaci horizontální deformace, a tím i celkového namáhání existující konstrukce střechy od nově osazovaných segmentů, byly osazeny předpínací prvky v liniích mezi osami 4 a 5 a mezi osami 7 a 8 (linie jsou osově vzdálené 18 m). V uvedené linii jsou vždy osazena dvě lana Lp 15,5, předepnutá vždy na 75 kN.

Po návrhu nových konstrukcí pro zastřešení centrálního dvorce byla z upřesněného numerického modelu stanovena minimální horizontální tuhost střechy, která ovlivňuje stabilitní analýzu segmentů střechy.

Konstrukce zastřešení centrálního dvorce je rozčleněna na devět segmentů šířky 4,22 m s rozpětím od 18,9 do 21,3 m. Světlost mezi nimi je 150 mm, vzepětí oblouku od 2,2 do 2,8 m, poloměr zakřivení oblouku cca 21 m. Krajní segmen-

ty jsou navíc opatřeny čely. Na každé vodítko jsou uloženy přes dva vozíky, přičemž každý vozík má dvě hlavní kolečka, namáhaná tlakem, a dvě kolečka vedlejší, navržená zejména pro potlačení účinků podfouknutí konstrukce (a tím vypadnutí segmentu z vodítek). Každé hlavní kolečko vozíku je dimenzováno na extrémní sílu 55 kN.

Ocelové konstrukce segmentů střechy byly navrženy z oceli S235 JR a S355 J0 ze čtvercových trubek 100×4 a 100×6 . S ocelí S355 J0 bylo uvažováno na podélných prvcích segmentů střechy a na krajních příčných prvcích. Při návrhu a posuzování byla uvažována vždy zatížení stálá a zatížení sněhem a větrem. Zatížení sněhem bylo na segmenty uvažováno i přesto, že teoreticky budou sněhem zatíženy pouze dva segmenty. Byly ověřeny vždy dva numerické modely, jeden s tuhým a druhý s pružným podepřením v horizontálním směru, které odpovídá horizontální tuhosti konstrukce střechy tribun centrálního dvorce. Analýza konstrukce objektu byla provedena v programu NEXIS 32-3.50 firmy SCIA včetně posouzení únosnosti a použitelnosti jednotlivých prvků. Pro řešení konstrukce byla použita jak lineární analýza (LA), tak geometricky nelineární analýza (GNA) – přírůstková metoda Newtonova–Raphsonova. Při použití GNA byly deformace o cca 10 % vyšší než z LA. Celková vertikální deformace segmentu u numerického modelu s pevnými podporami byla 5,3 mm, u modelu s pružným podepřením deformace 116,1 mm. Vzpěrné délky prvků konstrukce byly stanoveny rovněž v programu NEXIS 32-50 ze stabilitního výpočtu kritického násobku zatížení, který způsobí ztrátu stability konstrukce, metodou iterace podprostoru. Tvary vybočení a kritického násobku zatížení byly převedeny na součinitele vzpěrných délek.

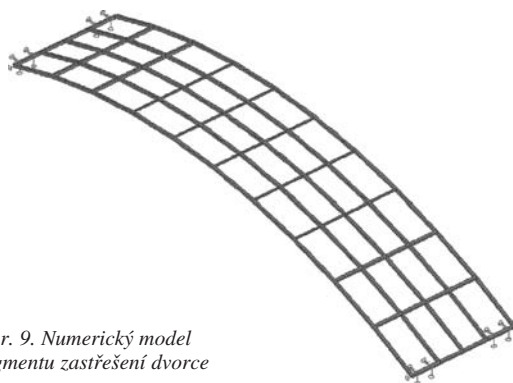


Obr. 7. Detail uložení segmentů zastřešení dvorce na vodítka a na nosníky zastřešení tribuny



Obr. 8. Montáž segmentů zastřešení centrálního dvorce

V průběhu prací na zastřešení centrálního dvorce se postupně zatěžování konstrukce zastřešení tribun monitorovalo. Na začátku, v průběhu jednotlivých etap a při ukončení prací, se sledovaly celkové a dílčí deformace vybraných bodů a porovnávaly se s chováním numerického modelu. Tímto opatřením byla vyloučena možnost nesprávného předpokladu při numerickém modelování konstrukce. Monitorování bude probíhat i v průběhu užívání, při každoroční revizi.



Obr. 9. Numerický model segmentu zastřešení dvorce

Pro investora byla vypracována Provozní kniha s podmínkami správného využívání a údržby předané konstrukce. Je v ní uvedeno, mimo jiné, že segmenty je možno použít pro zastřešení kurtu pouze v případě deště. Zastřešení centrálního dvorce nesmí být použito v době možného zatížení konstrukce sněhem. Jednotlivé segmenty jsou sice schopny toto zatížení přenést, ale konstrukce zastřešení tribun (tedy hlavní vazníky a příčné nosníky) účinky od segmentů zatížených sněhem (v poloze zakrývající plochu kurtu) není schopna spolehlivě přenést. V parkovací, tedy základní poloze, tj. v poloze, kdy segmenty nebudou zakrývat dvorec, bude pět segmentů umístěno u vazníku nad novou tribunou a čtyři segmenty u vazníku protilehlého.

Tab. 1. Tíha dílčích částí ocelové konstrukce zastřešení

Prvek zastřešení	[t]
pylony	32,7
vazníky	41,9
ostatní konstrukce zastřešení tribun	44,4
konstrukce zastřešení dvorce	31,8
celkem	153,8

Základní údaje o stavbě

Charakteristiky ocelové konstrukce zastřešení jsou zřejmé z tab. 1, kde je uvedena hmotnost dílčích částí konstrukce zastřešení. Lze z ní vyčíst i poměr mezi tíhou výchozí konstrukce zastřešení tribun a konstrukcí zastřešení dvorce (danou jak tíhou jednotlivých segmentů, tak tíhou vodítek), která přitížila výchozí konstrukci. Při zkušebním roztažování (resp. zatahování) posuvné střechy nebyly sledovány žádné dynamické rázy od pojezdu segmentů. Roztažení (resp. zatažení) trvá 4 minuty a 50 sekund.

Investorem akce byl Tenisový klub – Občanské sdružení Prostějov. V roce 2002 zpracoval Ateliér R ve spolupráci s firmou STATIKA Olomouc studii, která kromě návrhu nové tribuny centrálního dvorce a zastřešení tribun řešila nové atrium před dvorcem, tiskové středisko a rozšíření hotelové restaurace. Následovalo zpracování realizační dokumentace nové tribuny a zastřešení tribun. Stavba byla provedena v letech 2002 a 2003, generálním dodavatelem byla Stavební společnost Navrátil, s. r. o., dodavatelem ocelové konstrukce firma DT výhybkárna a mostárna, a. s. V roce 2004 zpracovala firma STATIKA Olomouc, s. r. o., a projekční kancelář STAVTES Prostějov projektovou dokumentaci na posuvné zastřešení centrálního dvorce. Ve stejném roce stavbu předal stejný generální dodavatel, ocelovou konstrukci dodala firma Moravské montáže Ostrava, podvozky a pohony segmentů střechy firma TEVCO, s. r. o.

Literatura

- [1] Kadlčák, J.: Statika nosných lan visutých střech. Praha, Academia 1990.
- [2] Lemák, D. – Koiš, R.: Dostavba Národního tenisového centra Morava – prováděcí dokumentace. STATIKA Olomouc, 2002.
- [3] Lemák, D. – Koiš, R.: Dostavba Národního tenisového centra Morava III. etapa – zastřešení centrálního dvorce – prováděcí dokumentace. STATIKA Olomouc, 2004.
- [4] ČSN 73 0035 Zatížení stavebních konstrukcí. ČSN, 1988.
- [5] Studnička J.: Ocelobetonové konstrukce 20. Praha, Vydavatelství ČVUT 2002.

Lemák, D. – Koiš, R. – Kolba, J.: Completion of the Central Court of the National Tennis Centre Morava in Prostějov

This article describes the roofing process of the stands, the design of the new stand, and the additional sliding roofing of the central court. The questions connected with the described structures result from the search for a suitable concept of the newly designed bearing structures in relation to the neighbouring constructions, and gradual detailing of the investor's demands on the project scope.

Lemák, D. – Koiš, R. – Kolba, J.: Fertigstellung des Zentralplatzes des Nationalen Tenniszentrums Morava in Prostějov

Der Artikel beschreibt die schrittweise Überdachung der Tribünen, die Lösung der neuen Tribüne und die nachträgliche aufschiebbar Überdachung des Zentralplatzes selbst. Die Problematik der beschriebenen Konstruktionen ist einerseits durch die Suche einer geeigneten Konzeption der neu zu entwerfenden Tragkonstruktionen in Anknüpfung an die anschließenden Objekte und des Weiteren durch die schrittweise Präzisierung (Erweiterung) der Anforderungen des Bauherrn an das Ausmaß des Werks gegeben.

Porovnání kapacitní metody a mikrovlnné impulsní metody při určení součinitele vlhkostní vodivosti

Ing. Pavel TESÁREK
Ing. Jaroslav PAVLÍK
prof. Ing. Robert ČERNÝ, DrSc.
ČVUT – Fakulta stavební
Praha

V článku jsou porovnány mikrovlnná impulsní metoda a kapacitní metoda pro určení vlhkostních profilů a součinitele vlhkostní vodivosti pro tři typické stavební materiály – cementovou pastu, cihlu a pórobeton. Jsou zde představeny i základní principy obou metod včetně způsobu kalibrace.

Úvod

Většina stavebních materiálů při kontaktu s vodou ztrácí příznivé vlastnosti. Klasickým příkladem je ztráta pevnosti, kdy mokřý materiál dosahuje až několikrát nižších charakteristik než materiál suchý. Voda obsažená v pórech může v zimě zmrznout a v důsledku expanze způsobit trhliny v materiálu, což se samozřejmě projeví i snížením pevnosti. U tepelných vlastností je tomu obdobně. Šířící se vlhkost negativně ovlivňuje tepelně izolační vlastnosti materiálů. S rostoucí vlhkostí roste součinitel tepelné vodivosti, což můžeme hodnotit jako negativní vliv. Nejviditelnějším problémem spojeným s transportem kapalné vlhkosti jsou skvrny na omítkách, které jsou většinou předzvěstí většího problému uvnitř konstrukce.

Vlhkost se šíří nejen vodorovně a svisle směrem dolů, ale i vzhůru, a to díky kapilárním silám. Ve většině případů se šíří ve více směrech, i když jeden může převládat. Obecně se tedy pak hovoří o šíření ve vodorovném směru, bez vlivu gravitace, nebo ve svislém směru, kde již gravitace vliv má. Rychlost šíření přímo závisí na vlastním materiálu a samotné konstrukci, ale i na okolních podmínkách – teplotě, relativní vlhkosti vzduchu atd. (obr. 1).

Jednou z možností, jak porovnat šíření vlhkosti, je



Obr. 1. Typický příklad šíření vlhkosti

stanovení součinitele vlhkostní vodivosti κ [m^2s^{-1}]. Tento součinitel se udává v závislosti na vlhkosti, a to buď hmot-

nostní [kgkg^{-1}], nebo objemové [m^3m^{-3}]. S rostoucí vlhkostí roste i jeho hodnota. V našich normách není stanoven a jeho měření také není příliš časté na rozdíl od průměrné nebo orientační hodnoty součinitele vlhkostní vodivosti udávané ve stejných jednotkách. Jak již vyplývá z názvu, jde však o jednu hodnotu, která by měla orientačně stanovit chování materiálu [1], [2]. Pro orientační porovnání tato jedna hodnota stačí, ale jestliže chceme vědět více o chování materiálu, je výhodné znát celý průběh součinitele vlhkostní vodivosti v materiálu v závislosti na vlhkosti.

Součinitel vlhkostní vodivosti se většinou počítá na základě vlhkostních profilů, které charakterizují v jednotlivých časech rozložení vlhkosti v materiálu, resp. vzorku. Vlhkostní profily jsou stanoveny při simulování jednorozměrného transportu vlhkosti ve svislém nebo vodorovném směru. Čelo jinak izolovaného vzorku je umístěno tak, aby bylo v kontaktu s vodou. Během zvolených intervalů je pak stanovena hodnota relativní vlhkosti v jednotlivých částech vzorku v závislosti na čase. Ze získaných profilů je následně pomocí inverzní úlohy stanoven součinitel vlhkostní vodivosti [3], [4].

Existuje mnoho metod pro určení obsahu vlhkosti. Ve stavební fyzice se často používá metoda absorpce záření γ [5], metoda NMR [6], kapacitní metoda [7], pozitronová emisní tomografie [8], neutronová radiografie [9], mikrovlnná impulsní metoda [10] a také metoda TDR [11] původně používaná v půdních vědách.

Materiály a vzorky

Pro měření součinitele vlhkostní vodivosti byly vybrány typické porézní stavební materiály:

- cementová pasta vyrobená z cementu CEM I 32.5 R (ENV 197-1, Horní Srní) a vody, vodní součinitel $w = 0,3$, objemová hmotnost $1\,910\text{ kgm}^{-3}$;
- cihla plná pálená klasického rozměru $290 \times 140 \times 65\text{ mm}$ (cihelna Nebužely) s objemovou hmotností $1\,720\text{ kgm}^{-3}$;
- pórobeton (Ytong – Laussig) s objemovou hmotností 650 kgm^{-3} .

Z každého materiálu bylo zhotoveno šest vzorků o rozměrech $20 \times 40 \times 280\text{--}300\text{ mm}$ a až do začátku experimentu volně uloženo v laboratorním prostředí (teplota $25\text{ }^\circ\text{C}$, průměrná relativní vlhkost 50 %) do ustálení hmotnosti.

Experimentální uspořádání

Bylo vytvořeno tak, aby bylo simulováno jednorozměrné vedení vlhkosti v horizontální poloze (obr. 2). Horizontální poloha byla zvolena proto, abychom omezili vliv gravitace při transportu vlhkosti. Sestava se skládá z komůrky s viskózní houbou, která je přes nádobku s plovákem propojena s válcem naplněným vodou. Plovák udržuje konstantní hla-

dinu vody níže, než je spodní hrana vzorku, a zajišťuje kontinuální tok.



Obr. 2. Experimentální uspořádání

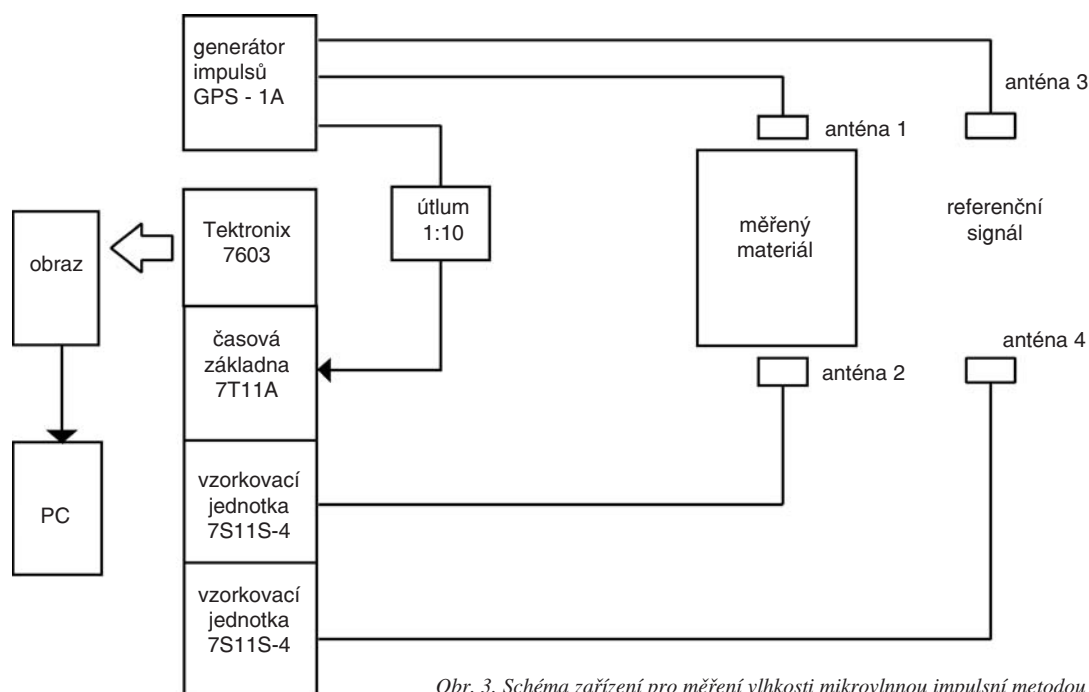
Stěny pláště vzorku rozměrů $20 \times 40 \times 280\text{--}300$ mm byly termofólií izolovány proti vodě a vlhkosti tak, aby zůstala volná pouze jeho čela. Teplem z horkovzdušné pistole se fólie postupně smršťovala až do stadia, kdy jej pevně obepínala. Tím byl simulován jednorozměrný transport vody. Takto upravený vzorek byl následně umístěn do komůrky s viskózní houbou.

v závislosti na hmotnostní vlhkosti vzorku u [kgkg^{-1}]. Pro ověření správnosti vypočítaných průběhů $\kappa(u)$ byl využit simulační program DELPHIN 4.4 [12], zpětně byly vypočítány vlhkostní profily a porovnány s profily naměřenými jednotlivými metodami.

■ Kapacitní metoda

Metoda je založena na principu měření změny kapacity kondenzátoru, jehož dielektrikem je zkoumaný materiál. Měřicí frekvence byla v rozsahu 250 až 350 KHz. K relativnímu určení obsahu vlhkosti po délce vzorku byl použit kapacitní senzor. Tato plošná sonda má tvar deskového kondenzátoru rozměrů 20×40 mm [7]. Ve zvolených intervalech se přikládala na vzorek umístěný ve zvoleném uspořádání.

Měření se provádělo po délce vzorku od čela, které bylo v kontaktu s vodou, každých 5 mm. Ve chvíli, kdy fronta vlhkosti dosáhla přibližně poloviny délky vzorku, bylo provedeno poslední čtení. Vzorek byl rozřezán na dílky po



Obr. 3. Schéma zařízení pro měření vlhkosti mikrovlnnou impulsní metodou

Experimentální metody

Prvním úkolem bylo pomocí kapacitní a mikrovlnné impulsní metody stanovit vlhkostní profily pro jednotlivé vzorky, tedy závislost hmotnostní vlhkosti u [kgkg^{-1}] na poloze [m] v příslušných časových úsecích. Hmotnostní vlhkost byla určena pomocí standardní gravimetrické (vážkové) metody, obsah vlhkosti byl vypočten pomocí vztahu

$$u = \frac{m_v - m_s}{m_s} \quad [\text{kgkg}^{-1}], \quad (1)$$

kde m_v je hmotnost vlhkého vzorku, m_s hmotnost suchého vzorku. Pro větší názornost a přípravu dat pro další výpočty byla získaná data upravena pomocí Boltzmannovy transformace λ podle vztahu

$$\lambda = xt^{-1/2}, \quad (2)$$

kde x je poloha [m], t čas [s]. Podle tohoto vztahu jsme transformovali získaná data vlhkosti pro všechny naměřené časy.

Z takto upravených vlhkostních profilů byl posléze pomocí Matanovy metody [3] vypočten řešením inverzní úlohy vedení vlhkosti součinitel vlhkostní vodivosti κ [m^2s^{-1}]

10 mm a jejich skutečná vlhkost byla určena gravimetrickou metodou. Kalibrační křivka byla vytvořena z výsledků získaných gravimetrickou metodou a z posledního čtení sondy.

Kalibrační křivka pro jednotlivé materiály byla určena z hodnot měření na třech vzorcích. Nejvhodnějším typem funkce se ukázala logaritmická křivka. Vlhkostní profily byly poté zpětně určeny pro předcházející časy pomocí této kalibrační křivky. Součinitel vlhkostní vodivosti byl vypočítán z vlhkostních profilů Matanovou metodou [3].

■ Mikrovlnná impulsní metoda

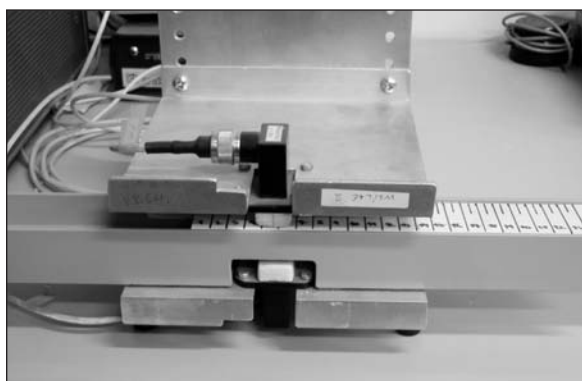
Relativně kompaktní měřicí systém [13] se skládá ze tří částí (obr. 3):

- generátor GPSI-1a (Radan) produkuje trojúhelníkové impulsy šířky 250 ps a amplitudy 2 V. Zahrnuje samotný přístroj, napájecí obvody, ovládací a kontrolní zařízení, pomocné a ochranné obvody. Výstup energie zajišťují tři koaxiální konektory SMA. Signály umožňují určit měřenou pozici impulsu a synchronizaci vzorkovacího osciloskopu;

- aplikátor spojený s výstupem generátoru zajišťuje nezbytnou orientaci měřených a referenčních vzorků. Zahrnuje dva

páry vysílacích a přijímacích antén tvořených přechodem koaxiál/vlnovod a trychtýřem. Dvojice antén jsou upevněny paralelně v oddělených držácích zajišťujících definovanou pozici a také stabilitu a reprodukovatelnost měření. Vzorky materiálů jsou vloženy do aplikátoru mezi antény. Tloušťka vzorků je mechanicky limitována do cca 100 mm, z elektrického hlediska jsou omezeny útlumem v měřeném materiálu a citlivostí osciloskopu. Dynamika signálu je přes 20 dB;

– vzorkovací osciloskop Tektronix 7603 analyzuje impulsní signály. Kromě jiného obsahuje časovou základnu 7T11A a dvě jednotky se vzorkovacími hlavami S-4. Časové rozlišení osciloskopu je okolo 10 ps a citlivost 2 mV. Frekvenční pásmo je do 14 GHz. Signál se z displeje osciloskopu snímá digitálním fotoaparátem a zpracovává na počítači.

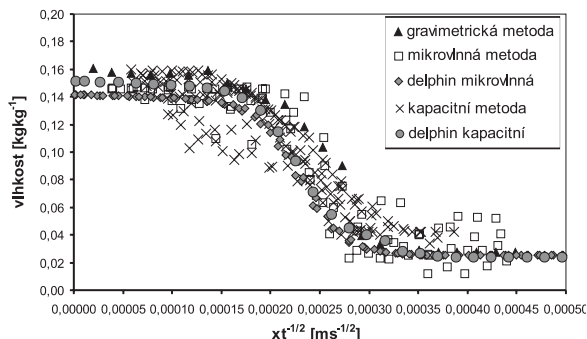


Obr. 4. Zařízení pro měření vlhkosti mikrovlnnou impulsní metodou

Měřicí postup je podobný jako u kapacitní metody (obr. 4). Snímání mikrovlnným impulsním vlhkoměrem po délce vzorku se provádělo po 10 mm. Kalibrační křivka byla získána podobně jako u kapacitní metody z výsledků posledního snímání a dat získaných standardní gravimetrickou metodou po rozřezání vzorku na části o šířce 10 mm. Křivka byla konstruována jako závislost obsahu vlhkosti na permitivitě měřeného materiálu vypočtené na základě měření časového rozdílu $\Delta t_{21} = \Delta t_2 - \Delta t_1$, kde Δt_2 je čas prostupu impulsu tloušťkou měřeného vzorku, Δt_1 odpovídající čas prostupu ve vzduchu [13]. Obdobně jako u kapacitní metody byla i zde logaritmická funkce shledána jako nejlepší aproximace naměřených dat.

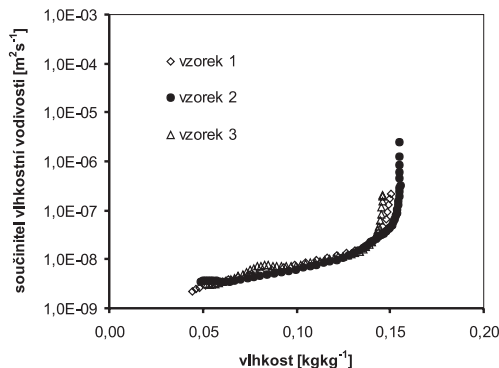
Výsledky a diskuze

Výsledky porovnání vlhkostních profilů, naměřených oběma metodami a gravimetrickou metodou, a poté upravených Boltzmannovou transformací pro ztvrdlou cementovou pastu, jsou patrné z obr. 5. Především pro nižší obsah vlhkosti vykazují mikrovlnná metoda větší hodnoty rozptylu v porovnání s kapacitní metodou. Analogické typy vlhkostních profilů a stejné závěry ohledně přesnosti v oblasti nižších vlhkostí byly získány i pro cihlu a pórobeton. Jsou zde také uvedeny příklady vlhkostních profilů po Boltzmannově transformaci, vypočtených programem Delphin 4.4 na základě součinitelů vlhkovodnosti získaných inverzní analýzou profilů naměřených kapacitní a mikrovlnnou metodou. Shoda vypočítaných a původních vlhkostních profilů je poměrně dobrá, což svědčí o dobré numerické stabilitě použité inverzní metody. Analogické výsledky byly získány i pro cihlu a pórobeton.

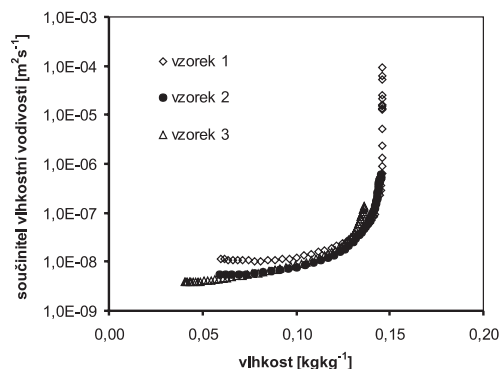


Obr. 5. Porovnání vlhkostních profilů pro cementovou pastu

Průběh součinitelů vlhkovodnosti, určených z vlhkovodních profilů jednotlivých vzorků ztvrdlé cementové pasty, naměřených oběma metodami je porovnán na obr. 6 a obr. 7. U obou metod byla použita kalibrace pro daný materiál, zahrnující výsledky pro všechny použité vzorky, která se jeví jako přesnější, protože vychází z většího množství bodů. Výsledky ukazují, že u obou metod je rozptyl minimální v celém rozsahu vlhkostí, zejména vzememe-li v úvahu přesnost použitých metod.



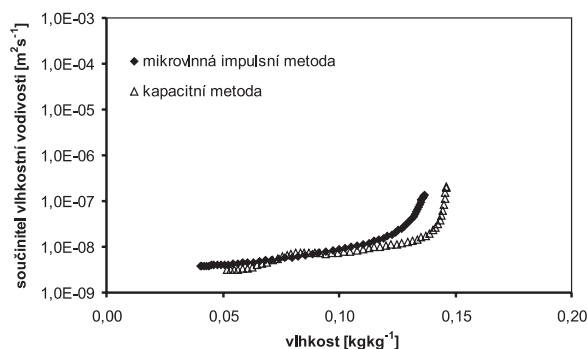
Obr. 6. Porovnání součinitelů vlhkovodnosti, určených z profilů vzorků ztvrdlé cementové pasty, naměřených kapacitní metodou



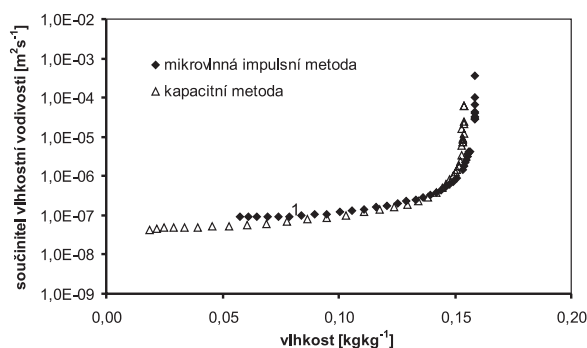
Obr. 7. Porovnání součinitelů vlhkovodnosti, určených z profilů vzorků ztvrdlé cementové pasty naměřených mikrovlnnou metodou

Průběh součinitele vlhkovodnosti určený kapacitní metodou a mikrovlnnou impulsní metodou v závislosti na hmotnostní vlhkosti pro všechny tři zkoumané materiály je zřejmý z obr. 8 až obr. 10. Byly uvažovány průměrné hodnoty součinitele vlhkovodnosti pro všechny použité vzorky a výsledky získané oběma metodami byly porovnány. Z obrázků je zřejmé, že u všech tří materiálů bylo dosaženo velmi dobré shody mezi metodami, a to především

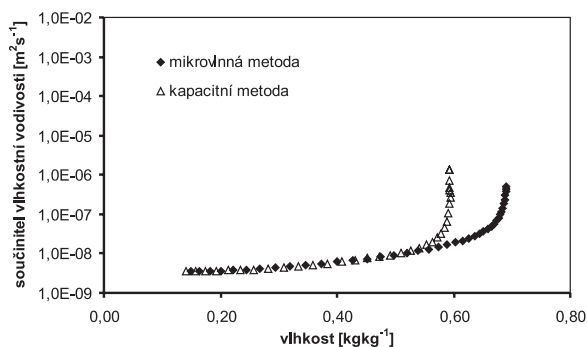
v oblasti nízké až střední vlhkosti. V oblasti vyšší vlhkosti byly již rozdíly větší, především u ztvrdlé cementové pasty a pórobetonu. Hlavním důvodem je zřejmě menší přesnost Matanovy metody, která je způsobena jednak nízkým gradientem v oblasti vyšší vlhkosti, který vyplývá z uspořádání experimentu, jednak menší přesností aproximace naměřených dat v oblasti blízké hraničním bodům intervalu řešení, jež je ovlivněna zejména nutností použití extrapolace [14].



Obr. 8. Porovnání součinitelů vlhkostní vodivosti určených pomocí kapacitní metody a mikrovlnné impulsní metody pro ztvrdlou cementovou pastu



Obr. 9. Porovnání součinitelů vlhkostní vodivosti určených pomocí kapacitní metody a mikrovlnné impulsní metody pro cihlu



Obr. 10. Porovnání součinitelů vlhkostní vodivosti určených pomocí kapacitní metody a mikrovlnné impulsní metody pro pórobeton

Závěr

Z výsledků zde uvedených je patrné, že jak kapacitní, tak mikrovlnná impulsní metoda je pro stanovení součinitele vlhkostní vodivosti běžných porézních stavebních materiálů v závislosti na vlhkosti použitelná. Obě mají pochopitelně své výhody a nevýhody. Kapacitní senzor je citlivější při určování profilů v nižších rozsazích vlhkosti, naopak mikrovlnný senzor se jeví jako přesnější při vyšší vlhkosti. Kapacitní metodu v rozsahu frekvence 250–350 kHz je možno používat bez většího omezení pouze v případech, že se

v materiálu nevyskytuje větší množství solí. U mikrovlnné impulsní metody by naopak při výskytu solí v měřeném materiálu nedošlo k významným chybám. Kapacitní metoda je však značně jednodušší a méně náročná na vyhodnocování experimentálních dat než metoda mikrovlnná. Konkrétní volbu je tedy třeba určovat případ od případu.

Článek byl zpracován v rámci projektu č. 103/05/2376 GA ČR.

Literatura

- [1] ČSN EN ISO 15148 (73 0314) Hygrothermal Performance of Building Materials and Products – Determination of Water Absorption Coefficient by Partial Immersion. ČSN, 2004.
- [2] Tydlitát, V. – Kunca, A. – Drchalová, J. – Jiříčková, M. – Černý R. – Rovnaníková, P.: Mechanické, vlhkostní a tepelné vlastnosti vápenných omítek s pucolánovými přísadami. *Stavební obzor*, **13**, 2004, č. 4, s. 38–44.
- [3] Drchalová, J. – Černý, R.: Non-Steady-State Methods for Determining the Moisture Diffusivity of Porous Materials. *Int. Comm. Heat and Mass Transfer*, Vol. 25, 1998, pp.109–116.
- [4] Tydlitát, V. – Kunca, A. – Drchalová, J. – Černý, R. – Rovnaníková, P.: Tepelné a vlhkostní vlastnosti vápenné omítky s přísadou metakaolinu. *Stavební obzor*, **12**, 2003, č. 4, s. 122–125.
- [5] Nielsen, A.: Gamma-Ray Attenuation Used for Measuring the Moisture Content and Homogeneity of Porous Concrete. *Building Science*, 1972, No. 7, pp. 257–263.
- [6] Gummerson, F. J. – Hall, C. – Hoff, W. D. – Hawkes, R. – Holland, G. N. – Moore, W. S.: Unsaturated Water Flow within Porous Materials Observed by NMR Imaging. *Nature* 281:56–57, 1979.
- [7] Semerák, P. – Černý, R.: Kapacitní metoda pro měření vlhkostní vodivosti stavebních materiálů. *Stavební obzor*, **6**, 1997, č. 4, s. 102–103.
- [8] Hoff, W. D. – Wilson, M. A. – Benton, D. M. – Hawkesworth, M. R. – Parker, D. – Fowles, P.: The Use of Positron Emission Tomography to Monitor Unsaturated Flow within Porous Construction Materials. *Journal of Materials Science Letters*, **15**, 1996, pp. 1101–1104.
- [9] Pel, L. – Ketelaars, A. A. J. – Odan, O. C. G. – Well, A. A.: Determination of Moisture Diffusivity in Porous Media Using Scanning Neutron Radiography. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, **36**, 1993, pp. 1261–1267.
- [10] Hasted, J. B. – Shah, M. A.: Microwave Absorption by Water in Building Materials. *Brit. J. Appl. Phys.*, **15**, 1964, pp. 825–836.
- [11] Plagge, R. – Grunewald, J. – Häußel, P.: Application of Time Domain Reflectometry to Determine Water Content and Electrical Conductivity of Capillary Porous Media. In: *Proceedings of the 5th Symposium on Building Physics in the Nordic Countries*. Göteborg, 1999, pp. 337–344.
- [12] Maděra, J. – Černý, R.: Počítačová analýza teplotně vlhkostních poměrů v obvodových pláštích s vnitřní tepelnou izolací. [sborník], *Kalorimetrický seminář 2003*. TU–Ostrava, s. 133–136.
- [13] Pavlík, J. – Tydlitát, V. – Černý, R. – Klečka, T. – Bouška, P. – Rovnaníková, P.: Application of a Microwave Impulse Technique to the Measurement of Free Water Content in Early Hydration Stages of Cement Paste. *Cement and Concrete Research*, **33**, 2003, pp. 93–102.
- [14] Černý, R. – Drchalová, J. – Hošková, Š. – Toman, J.: Inverse Problems of Moisture Transport in Porous Materials. *Proc. of Second ECCOMAS Conf. on Numerical Methods in Engineering* (J. A. Desidéri, P. Le Tallec, E. Onate, J. Périaux, E. Stein, eds.). Chichester, John Wiley and Sons 1996, pp. 664–670.

Tesárek, P. – Pavlík, J. – Černý, R.: Comparison of the Capacitance Method and the Microwave Impulse Method in the Determination of Moisture Diffusivity

The microwave impulse method and the capacitance method for the determination of moisture profiles and moisture diffusivity are compared for three typical building materials, cement paste, brick and cellular concrete, in this paper. Further, the article presents the basic principles of both methods, including calibration. The obtained results suggest that the capacitance method is more suitable for lower moisture ranges, while the microwave impulse method is more appropriate for a higher moisture content in materials.

Tesárek, P. – Pavlík, J. – Černý, R.: Vergleich der kapazitiven Methode und der Mikrowellen-Impulsmethode bei der Bestimmung des Feuchtigkeitsleitkoeffizienten

Im Artikel werden die Mikrowellen-Impulsmethode und die kapazitive Methode zur Bestimmung von Feuchtigkeitsprofilen und des Feuchtigkeitsleitkoeffizienten für drei typische Baumaterialien – Zementpaste, Ziegel und Porenbeton – verglichen. Es werden hier auch die Grundprinzipien beider Methoden einschließlich der Art der Kalibrierung vorgestellt.

• veletrhy

Aqua-therm Praha 2004

Mezinárodní veletrh AQUA-THERM Praha, jehož jedenáctý ročník proběhl na pražském holešovickém Výstavišti koncem loňského listopadu, naplnil své poslání být veletrhem toho nejlepšího z oborů vytápění, ventilace, klimatizační, měřicí, regulační, sanitární a ekologické techniky. Konal se poprvé v nových podmínkách po vstupu ČR do EU. Ale i tak do těchto nových podmínek vstupoval jako renomovaná akce, jejíž pozice v rámci střední a východní Evropy posílila a návštěvnost každoročně stoupá. V průběhu veletrhu na Výstaviště zavítalo přes 42 tis. návštěvníků z řad odborné i laické veřejnosti. Na ploše 14 tis. m² se představilo 455 vystavovatelů z patnácti evropských zemí. Tradiční vystavovatelské země, jako Slovensko, Německo, Rakousko, Itálie, měly na veletrhu své nezastupitelné místo,

za pozornost však stály i „nově příchozí“. K těm například patřili vystavovatelé z kolektivní expozice Turecka.



Z celkového pohledu na veletrh vyplynulo, že se rozšířila nabídka technologií, a především služeb, a z kvalitnil se doprovodný program. Exponáty z oblasti topenářské techniky reagovaly na trendy úspor energií a využití alternativních zdrojů energií. Doprovodný program se věnoval dvěma strategickým tématům, a to využívání sluneční energie a nízkoenergetické výstavbě. Tradičně byly oceněny progresivní výrobky z oboru technických zařízení budov.

Zlatá medaile	
ENBRA, s. r. o.	průtokoměr Superstatic 440
PROTHERM, s. r. o.	závěsný plynový kotel TIGER 24 KTZ/KOZ s řízeným ohřevem TUV-SPIN
SCHIEDEL, a. s.	tříšložkový komínový systém KERASTAR
STIEBEL ELTRON, s. r. o.	kombinovaná větrací jednotka LWA 203/303 SOL s rekuperací
SYSTHERM, s. r. o.	ucelený software pro návrh systémů předávání tepla
TESTO, s. r. o.	analýzátor spalin pro servisní a kontrolní měření
Čestné uznání	
AUDRY CZ, a. s.	plynový hořák DUNPHY model PG 03/35
BELIMO CZ – Ing. Ivar Mentzl	FLS 2000 systém okenního větrání
DANFOSS A/S	automatický regulátor průtoku AB-QM
KONSTA, s. r. o.	ohřívač vzduchu XR 30
PROCOM BOHEMIA, s. r. o.	plynový kondenzační kotel GEMINOX THRi Duo 120
TC MACH, s. r. o.	tepelné čerpadlo Mach VZS 26 Kompakt 300
THERMONA, s. r. o.	plynový nástěnný kotel THERM TRIO 90
TOPOLWATER, s. r. o.	monitorovací modul TOM 1 a přenos dat systémem GSM
Zvláštní ocenění	
ATREA, s. r. o.	DUPLEX-S-1800 kompaktní jednotka s protiproudým rekuperátorem
DE DIETRICH	kombinovaný ohřívač s vestavěnou kondenzační jednotkou DIETRISOL QUADRODENS DUC
VERNER, a. s.	teplovodní kotel A 25 na dřevní štěpku a pelety z energetických rostlin

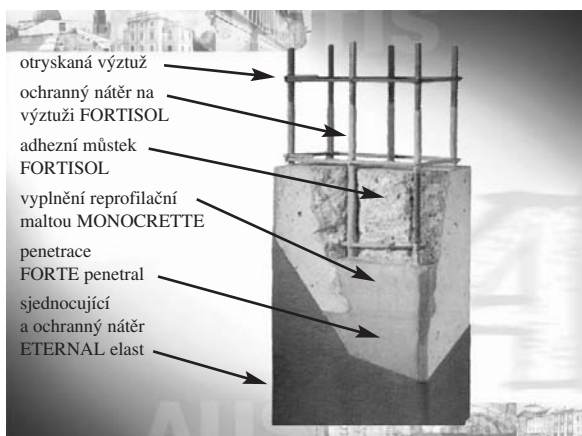
• materiály

Sanační systém pro opravu narušených železobetonových staveb a konstrukcí



Beton stavebních konstrukcí postupně podléhá přírodním i civilizačním vlivům, které ho nevratně poškozují. Mezi hlavní vlivy patří především karbonatace krycí vrstvy betonu, která stejně jako používání posypových solí způsobuje korozi výztužných vložek. Důsledkem těchto procesů je nejen estetické znehodnocení konstrukce, ale především její statické ohrožení. Pokud je železobetonová konstrukce namáhána mrazem, vystavována agresivnímu působení kyselých plynů a dalším vlivům, může být narušení velmi rychlé a intenzivní.

Je však všeobecně známo, že včasný sanační zásah může zabránit jak estetickému znehodnocení konstrukce, tak především pomoci předejít takovému poškození, které by ohrozilo bezpečnost konstrukce, kdy by byl následný sanační zásah neúměrně drahý případně i technicky neschůdný.



AUSTIS, a. s., přední výrobce stavební chemie, vyvinul sanační systém železobetonových konstrukcí, který slouží k opravě a povrchové úpravě vnějších i vnitřních vodorov-

ných i svislých povrchů staveb ze železobetonu i betonu se zaměřením na antikorozi ochranu obnažené výztuže železobetonových konstrukcí, opravu povrchů staveb ze železobetonu i betonu, ochranu betonu před působením atmosférických vlivů a CO₂. Samozřejmým požadavkem je dodržení estetického a dekorativního vzhledu ošetřovaných staveb. Jednotlivé složky systému tvoří:

- FORTE penetral – speciální vodou ředitelný akrylátový penetrační prostředek na betonové podklady;
- FORTISOL – dvousložková polymercementová hmota určená k antikorozi ochraně výztuže a jako adhezni můstek pro zvýšení přilnavosti správkových maltových hmot. Zabraňuje průniku CO₂ a SO₂ do betonových konstrukcí;
- Monocrete PPE – jednosložková suchá maltová směs určená zejména pro opravy poškozených betonových a železobetonových horizontálních povrchů a podlah. Dodává se ve třech zrnitostech;
- Monocrete PPE TH – jednosložková suchá maltová směs určená zejména pro opravy poškozených betonových a železobetonových vertikálních povrchů a podhledů. Rovněž ve třech zrnitostech;
- ETERNAL elast – pružný vodou ředitelný akrylátový nátěr pro ochranu betonu před karbonatací, působením SO₂, vody a rozmrazovacích roztoků. Dodává se bílý nebo v odstínech podle vzorkovnic CSA, Eurotrend, NCS – S, RAL, CSA Anorganic, Aquatec SF.

Sanační systém železobetonových konstrukcí AUSTIS je certifikován v TZÚS Praha – Autorizovaná osoba č. 204. Technickou podporu při sanaci železobetonových konstrukcí poskytují přímo na stavbách odborní technici firmy.

Tisková informace

SOUTĚŽ

„O nejlepší dům z cihlového systému POROTHERM 2005“

• Sedmý ročník shora uvedené soutěže vyhlásila společnost Wienerberger cihlářský průmysl, a. s., počátkem února. Účelem a posláním je podnítit architekty, projektanty a studenty k ideovému řešení projektů pro „**Ideální rodinný dům pro čtyřčlennou rodinu**“, jejichž charakteristickým rysem by, vedle vysoké estetické a technické úrovně, cenové výhodnosti výstavby, nízkých provozních nákladů a nízké energetické náročnosti, měla být především vysoká úroveň pohody bydlení odpovídající současnému rodinnému stylu.

• Zároveň vyhlásila první ročník přehlídkové soutěže „**Realizované stavby z cihlového systému POROTHERM 2005**“ bez rozlišení účelu využití. Účelem je prezentace a ocenění nejlepších staveb z cihlového systému POROTHERM.

Soutěž se koná pod záštitou ministra pro místní rozvoj a ministra průmyslu a obchodu ČR, partnerem je Státní fond rozvoje bydlení, mediálním partnerem Vydavatelství Springer Media CZ, dalšími partnery Česká komora architektů, Česká komora autorizovaných inženýrů a techniků, Český svaz stavebních inženýrů, Fakulta architektury a Fakulta stavební ČVUT a Obec architektů.

POROTHERM
kompletní cihlový systém

www.wienerberger.cz
www.komunikace-profit.cz

Wienerberger

• dizertace



Hodnocení erozních procesů ve velkých povodích za podpory GIS

Ing. Josef Krása

Práce se zabývá výzkumem procesů vodní eroze a erozního ohrožení krajiny. Využívá se rovnice USLE a empirický model Watem/SEDEN, na jehož vývoji se dizertant podílel. S využitím GIS se dále pokusil stanovit stupně erozního ohrožení zemědělské půdy v České republice a z toho plynoucí ztrátu půdy. Výsledky byly verifikovány porovnáním s objemy sedimentů v nádržích.

Příspěvek k časovému a plošnému rozložení srážek v urbanizovaných povodích

Ing. Ghassan Alied

Aktuální téma se věnuje modelování časového a plošného rozložení srážek v malém urbanizovaném povodí. Dizertant využil inverzní váhovou metodu a metodu časového posunu a nově zavedl geometrickou metodu časoprostorového posunu srážek. Výsledky jsou verifikovány pro město Prahu. Programové vybavení umožňuje generovat očekávané srážky za rychle se měnící meteorologické situace.

Hydraulické a morfologické účinky proudění v korytech malých vodních toků s revitalizačními objekty

Ing. Petr Sklenář

Práce studuje účinek příčných prvků vkládaných při revitalizaci do koryt malých vodních toků a melioračních kanálů. Opírá se o terénní výzkum i o laboratorní výzkum na fyzikálních modelech a hodnotí hydromorfologické účinky používaných objektů. Zvláštní pozornost věnuje vlivu proměnlivé drsnosti dna a svahů, účinkům jízků a nesymetrických výhonů a zkoumá vznik prostorového výmolu.

• výstava

Lod' je jako dům

To, že jakoukoli větší nákladní nebo osobní loď lze po stavební stránce a technickém zařízení přirovnat k běžné investiční výstavbě budov, předvedou vystavovatelé na mezinárodní námořní výstavě **NOR-SHIPING** v norském Oslu od **7. do 10. června 2005**. Ve svém oboru patří tato výstava mezi tři největší na světě. Scházejí se na ní odborníci a obchodníci z celého světa.

Okruh výrobků a služeb, které souvisejí s námořní dopravou a mají své místo na výstavě, je velmi široký. Týká se nejen stavby lodí, ale také jejich zařízení a vybavení. V rámci proexportní politiky státu se na této akci představí oficiální účastí také Česká republika s příspěvkem na výstavní plochu od Ministerstva průmyslu a obchodu ČR vystavujícím českým firmám. V expozicích bude možné předvést motory, pohony a pomocné stroje, jeřáby, dopravní prostředky, energetické a elektrotechnické vybavení, navigační a jiné přístroje, námořní elektroniku, zaměřovače, komunikační techniku a software, osvětlení, alarmové systémy, vybavení palub, přístavní zařízení, služby a mnohé další. Firmy s více než 250 zaměstnanci obdrží od ministerstva příspěvek ve výši 50 % na krytí nájmu užitné výstavní plochy až do 100 000 Kč. Malým a středním podnikům s méně než 250 zaměstnanci uhradí 100 % nájmu výstavní plochy, také do 100 000 Kč.

Na novém, moderním výstavišti má výstava celkovou rozlohu 32 000 m² a je pořádána každý druhý rok za účasti 700 vystavovatelů ze 40 zemí. Zajímá se o ni více než 14 000 návštěvníků včetně dvou stovek novinářů. Veletržní správa má již vyprodáno 80 % výstavní plochy. Národními expozicemi se letos budou prezentovat např. Čína, Dánsko, Finsko, Francie, Holandsko, Japonsko, Kanada, Korea, Německo, Norsko, Polsko, Rusko, Singapur, Španělsko, Švédsko, USA a Velká Británie. Ve společné expozici na ploše asi 140 m² se představí i Česká republika.

www.ppa.cz



Holcimawards

for sustainable construction

Jedním z cílů nadace Holcim Foundation for Sustainable Construction je udělovat ceny za inovační, nadčasové a efektivní stavební projekty. Výsledkem soutěže Holcim Awards bude postupný vznik celosvětové obce vynikajících odborníků v oblasti trvalé udržitelnosti ve stavebnictví, přičemž navržené postupy budou použitelné i v jiných oblastech lidské činnosti. Řešení, která se ukáží jako trvale udržitelná v jedné části světa, však nebude možné jednoduše přenést do jiné. Musí se přizpůsobit, aby zohledňovala příslušná omezení a respektovala podmínky platné v jiných kulturních anebo geografických regionech. Takováto multiplikace, pro kterou nepředstavují geografické hranice žádnou překážku, je hlavním cílem nadace Holcim Foundation. Soutěž byla zahájena počátkem listopadu 2004 a návrhy mohou být předkládány do konce letošního března. Nadále bude vyhlašována v tříletých cyklech.

www.holcimawards.org

• dizertace



Využití důlních děl určených k likvidaci pro výstavbu zásobníků ropy a ropných produktů

Ing. Karel Kubečka

Práce se zabývá hledáním alternativního způsobu uskladnění strategických zásob ropy pro potřeby tuzemských rafinérií po vstupu do Evropské unie. K současnému způsobu skladování na povrchu poukazuje na možnost uskladnění ropných zásob v podzemí s alternativním využitím zejména povrchových dolů a lomů, kdy v rámci jejich plánované likvidace a rekultivace je možno v geologicky vhodných podmínkách uskutečnit výstavbu velkokapacitních zásobníků této suroviny. Tento způsob se jeví z ekonomického hlediska jako výhodný, neboť objem finančních nákladů potřebných pro provedení výkopů pro realizaci nádrží a rekultivaci dolů (navážení výsypek) se alespoň částečně ztožní a dojde k překrytí finančních nákladů. Nezanedbatelné je pak i hledisko snížení nebezpečí likvidace úložiště z titulu teroristického útoku, válečného konfliktu, pádu letadla nebo přírodní katastrofy v důsledku povodní či požáru.

Stavební obzor na CD

Ročníky

2002, 2003 a 2004

ve formátu pdf si lze objednat u distributora, popř. v redakci našeho časopisu

Cena:

1 ročník na CD

včetně krabičky a přebalu 400 Kč

poštovné + balné (dobírka) 100 Kč

Objednávky:

Ing. Milan Gattringer, MG DTP
Borovanská 3388, 143 00 Praha 4
tel./fax: 241 770 220
e-mail: mgdtp@volny.cz

• zprávy

Nejrozsáhlejší bytový projekt na území Brna

Přírodní zákoutí severního okraje moravské metropole dalo prostor novému bytovému projektu s příznačným názvem Kouzelné Medláňky. Jde o dosud nejrozsáhlejší bytový projekt na území města od roku 1989, čítající 590 bytů včetně infrastruktury. Navržené domy se začleňují mezi objekty, které budou tvořit nové centrum Medlánek. Proto mají dva z nich polyfunkční charakter. V přízemí jsou umístěny obchody a služby, v patrech bydlení. Komerční prostory v přízemí jsou navrženy v univerzální dispoziční skladbě tak, aby zajistily variabilní využití. Skeletová konstrukce umožňuje spojení sousedních prostor do větších prodejních celků. Oba objekty mají shodnou dispozici, jsou však zrcadlově otočené a respektují výškovou hladinu dříve realizovaných objektů v okolí.



Dalším počinem realitní a developerské společnosti IPB Real, člena Orco Property Group, je dokončení výstavby bytového projektu Lesná se 158 bytovými jednotkami, které si klienti mohli upravit a vybavit podle svých představ. Čtrnáct bezbariérových bytů předala společnost Magistrátu města Brna. Výstavba byla realizována na svažitém nezastavěném pozemku orientovaném na jih, v prostoru mezi nízkopodlažní zástavbou rodinných domků Divišovy čtvrti a obytným souborem panelového sídliště Lesná na horní protilehlé straně.



Nízkopodlažní zástavba při úpatí svahu umožňuje optimální výhled na celkové panorama Brna. Obytný celek je řešen ve dvou skupinách terasovitě se snižujících objektů od vícepodlažní zástavby na severu směrem k jižní nízkopodlažní zástavbě rodinných domků. Postupné snižování od středu ke stranám kompozičně vytváří uzavřený celek a současně přispívá k lepšímu osvětlení a oslunění vnitřních prostor jednotlivých bytů. Také terasy a navržené dělení na dva a tři objekty umožňuje optimální prosvětlení a proslunění obytných prostor. Drobnější měřítko více objektů je ideální z hlediska celkové kompozice v panoramatických pohledech. Barevnost fasád byla navržena v lomených pastelových tónech s převažující bílou tak, aby objekty byly místně rozlišeny, a zároveň v dálkových pohledech působily jako jednotný celek.

• zprávy

Neobvyklé bydlení v neobvyklé lokalitě

Citlivou rekonstrukcí a částečnou dostavbou bývalého hospodářského dvora Karlštejnské nadační kapituly vzniká za bedlivého dozoru ústavu památkové péče unikátní projekt bydlení nejvyššího standardu. Originální prvky a artefakty původní stavby budou citlivě doplněny prvky moderní architektury.

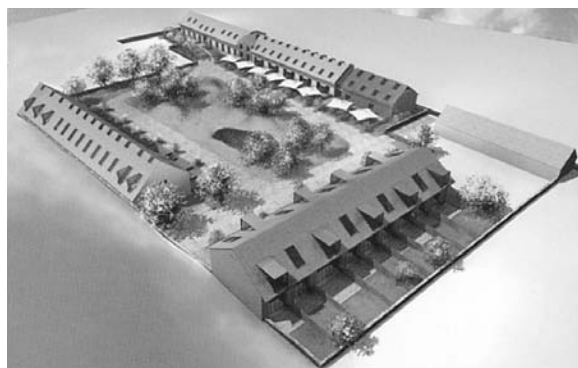


V uzavřeném areálu budou umístěny tři objekty, ve kterých bude 38 samostatných dvoupodlažních a třípodlažních jednotek o velikosti 75 až 150 m². U části objektů bude soukromá zahrada za domem, u všech parkovací stání pro jedno až dvě vozidla, většina z nich bude krytých. Z oken každé jednotky bude zaručen výhled na nejslavnější český hrad, přitom bude zaručen klid a soukromí rezidentů. K relaxaci a sportovnímu vyžití, kromě nedalekého golfového klubu, bude sloužit bazén, fitness centrum a sauna, v areálu bude rovněž restaurace.

Projekt stavby, která má být zahájena letos v letních měsících a dokončena na přelomu let 2006/2007, zpracovali



MS architekti, developerem je Harmonie Group. K dalším projektům této společnosti patří bytové a rodinné domy v jižní a západní předměstské lokalitě Prahy, novinkou jsou typové funkcionalistické rodinné domy.



Tisková informace



AMI / AMITEC

2. – 10. dubna 2005

Lipsko



Na podzimním zasedání schválila mezinárodní rada veletrhů AMI a AMITEC novou strategii lipského automobilového veletrhu. Od roku 2005 se zařadí mezi ostatní mezinárodní veletrhy jako **Středoevropský autosalon**. Předpokladem nové koncepce je centrální umístění v nové Evropě, vyšší kvalita produktů v oblasti automobilového průmyslu, a tím rostoucí přitažlivost pro návštěvníky nejen z Německa, ale i sousedních zemí. Nabídka 420 vystavovatelů na 130 tis. m² je doprovázena rámcovým programem, který spojuje tematické přehlídky, odborné pořady, přednášky i akce pro speciální skupiny návštěvníků. Paleta nabídek vystavujících značek sahá od malého osobního automobilu až po luxusní limuzínu, od kabrioletu až po osobní rodinný automobil, od terénního vozu až po roadster. Očekává se více než sto premiér modelů, veletržních novinek a zvláštních modelů. Koncern Volkswagen již ohlásil pro veletrh AMI dvě světové premiéry. Obsáhle je rovněž nabídka transportérů/lehkých užitkových vozidel, tuningu, příslušenství, autoservisu a služeb. Růst zaznamenala též nabídka vybavení autoservisů na veletrhu AMITEC. Odborného návštěvníka očekává úplný přehled od zdvihací techniky přes měřicí, zkušební a diagnostické přístroje až po speciální nástroje.

Přehlídka užitkových vozidel se soustřeďuje na transportéry a lehká vozidla ve skupinách prostých mýtného. Ve skupinách lehkých vozidel budou zastoupeny renomované značky, které poskytnou odbornému publiku přehled o aktuální nabídce. Pod titulem „Lehké nákladní automobily“ bude uvedena přehlídka originálních vozidel z padesátých, šedesátých a sedmdesátých let.

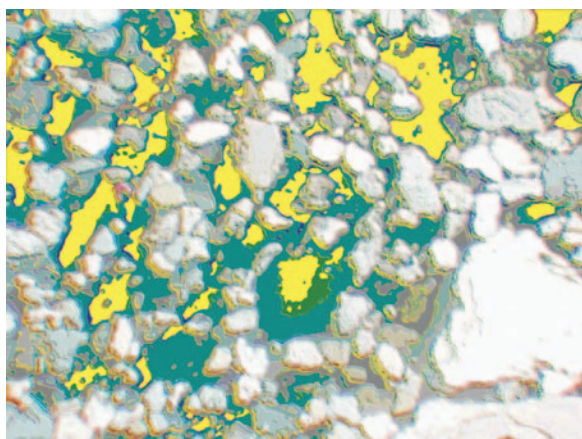
Americké automobily budou středem zájmu výstavy „Svět plných zážitků s automobily“ ve skleněné hale výstaviště. Kluby amerických automobilů a soukromí majitelé sestaví v jedinečné přehlídce 35 silničních křižníků padesátých let, mezi nimi originály značek Buick, Cadillac, Chevrolet, Chrysler, Continental, Dodge, Ford, Imperial, Lincoln, Mercury, Oldsmobile, Packard, Plymouth, Pontiac, Studebaker.

www.amitec-leipzig.de
www.leipziger-messe.cz

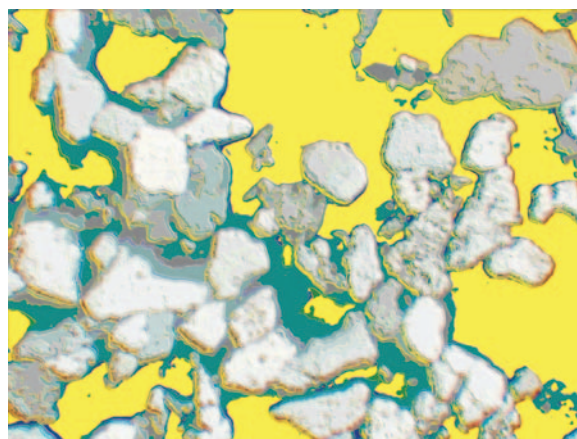
Souhrnné hodnocení teoretického a experimentálního výzkumu Karlova mostu v letech 1994 až 2004

1. část

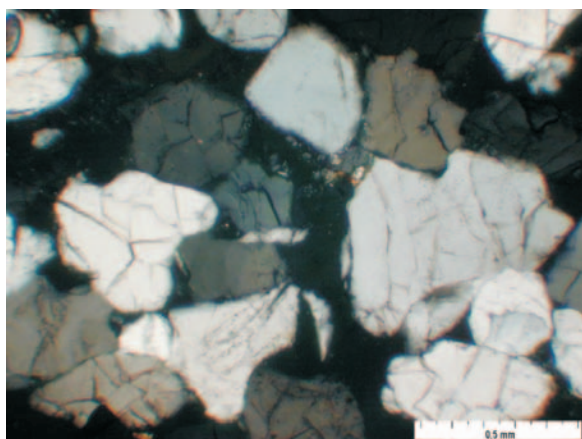
prof. Ing. Jiří WITZANY, DrSc., doc. Ing. Vojtěch MENCL, CSc.,
doc. Ing. Richard WASSERBAUER, DrSc., doc. RNDr. Miroslava GREGEROVÁ, CSc.,
RNDr. Pavel POSPÍŠIL, PhD., Ing. Tomáš ČEJKA, PhD., Ing. Radek ZIGLER,
Ing. Eva BURGETOVÁ, CSc.



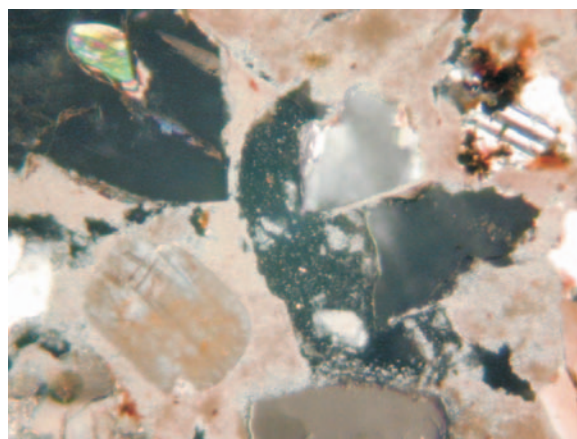
Obr. 11. Pórový systém křemeno-kaolinitového pískovce – výchozí suroviny



Obr. 12. Pórový systém křemeno-kaolinitového pískovce – stavebního kamene Karlova mostu



Obr. 13. Struktura a minerální složení křemeno-kaolinitového pískovce – výchozí suroviny
Polarizační mikroskopie, XPL (foto M. Gregerová)



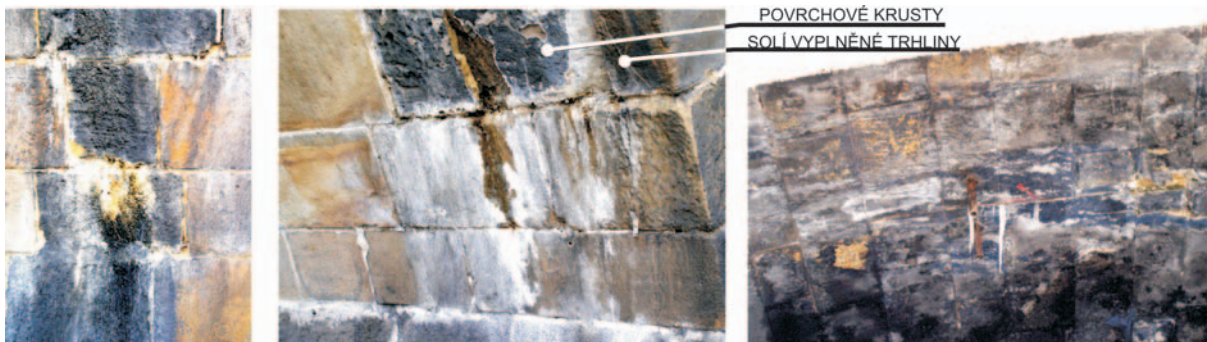
Obr. 14. Struktura a minerální složení křemeno-kaolinitového pískovce – stavebního kamene Karlova mostu z karbonát-sulfátovým tmelem
Polarizační mikroskopie, XPL (foto M. Gregerová)



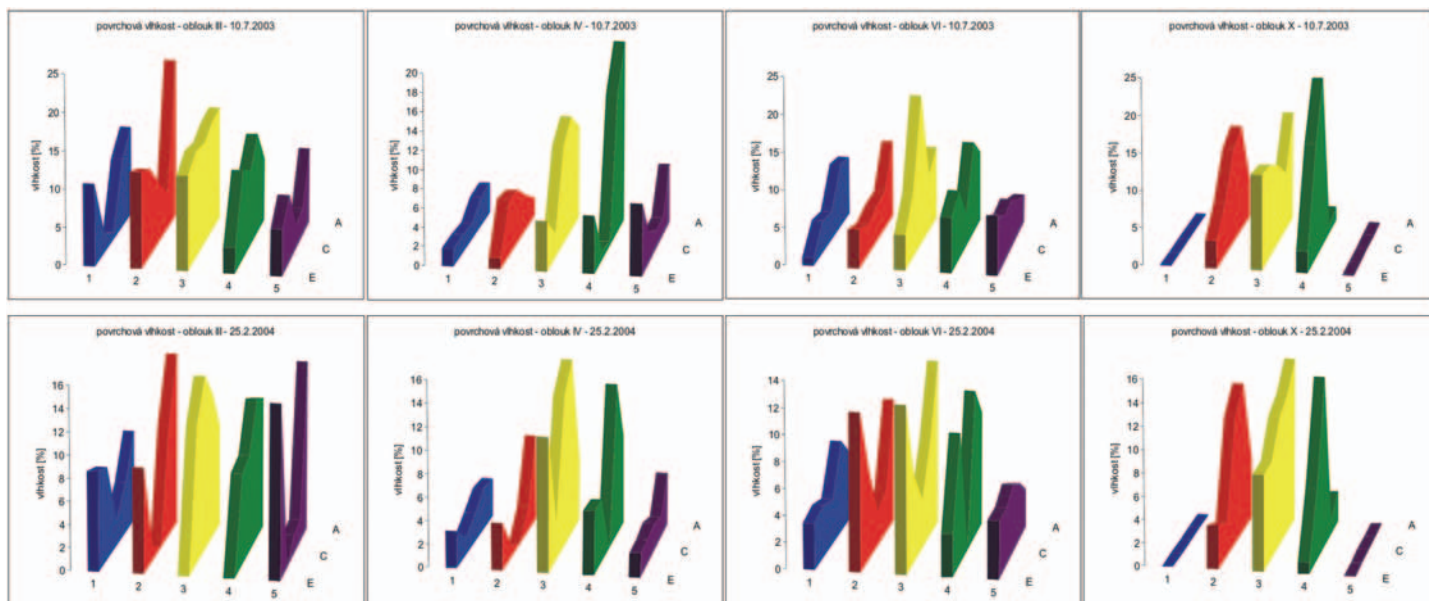
Obr. 18. Příklad deskovité exfoliace pískovce [cm]
(foto P. Pospíšil)



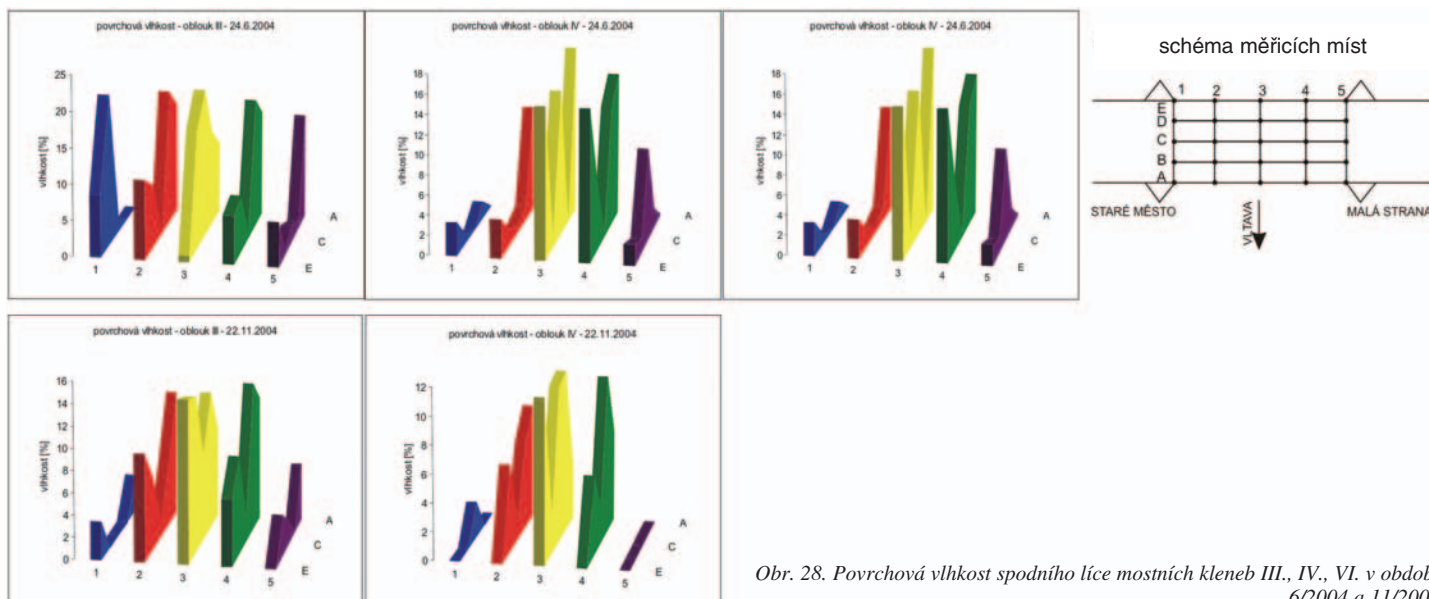
Obr. 19. Příklad exfoliace lamin pískovce [mm]
(foto P. Pospíšil)



Obr. 26. Prosakování vody kamennou mostní konstrukcí



Obr. 27. Povrchová vlhkost spodního líce mostních kleneb III., IV., VI. a X. v období 7/2003 a 2/2004



Obr. 28. Povrchová vlhkost spodního líce mostních kleneb III., IV., VI. v období 6/2004 a 11/2004

STAVEBNÍ OBZOR

RO NÍK 14 ÍSLO 04/2005

Navigace v dokumentu

OBSAH

Witzany, J. – Mencl, V. – Wasserbauer, R. – Gregerová, M. – Pospíšil, P. – ejka, T. – Zigler, R. – Materna, A. – Cikrle, P. – Brožovský, J. Souhrnné hodnocení teoretického a experimentálního výzkumu Karlova mostu v letech 1994 až 2004 – 2. část	97
Kuráž, V. – Matoušek, J. Ověření plošných elektrod pro dielektrické měření vlhkosti porézních materiálů	107
Chovanec, J. Vícekritériální optimalizace ve znalecké praxi	114
Chlup, J. Zkoušky ručního laserového dálkoměru DISTO pro2	117
Koska, B. – Štroner, M. – Pospíšil, J. Laserový skenovací systém LORS – vývoj a ověření přesnosti	123

4 • 2005

ročník 14

STAVEBNÍ OBZOR

pozemní stavby
dopravní stavby
vodohospodářské stavby
geotechnika
konstrukce a materiály
technologie
životní prostředí
geodézie a kartografie
mechanizace
informatika
ekonomika
software



Fakulta stavební
ČVUT v Praze



Česká komora autorizovaných
inženýrů a techniků



Český svaz
stavebních inženýrů



Fakulta stavební
VUT v Brně



Fakulta stavební
VŠB TU-Ostrava

OBSAH

Witzany, J. – Mencl, V. – Wasserbauer, R. – Gregerová, M. – Pospíšil, P. – Čejka, T. – Zigler, R. – Materna, A. – Cikrle, P. – Brožovský, J.

Souhrnné hodnocení teoretického a experimentálního výzkumu Karlova mostu v letech 1994 až 2004 – 2. část 97

Kuráž, V. – Matoušek, J.

Ověření plošných elektrod pro dielektrické měření vlhkosti porézních materiálů 107

Chovanec, J.

Vícekritériální optimalizace ve znalecké činnosti 114

Chlup, J.

Zkoušky ručního laserového dálkoměru DISTO pro² 117

Koska, B. – Štroner, M. – Pospíšil, J.

Laserový skenovací systém LORS – vývoj a ověřování přesnosti 123

CONTENTS

Witzany, J. – Mencl, V. – Wasserbauer, R. – Gregerová, M. – Pospíšil, P. – Čejka, T. – Zigler, R. – Materna, A. – Cikrle, P. – Brožovský, J.

Comprehensive Assessment of Theoretical and Experimental Investigation of Charles Bridge from 1994 to 2004 – Part 2 97

Kuráž, V. – Matoušek, J.

Results of Numerical Modelling and Experimental Verification of Plate Electrodes for the Dielectric Moisture Content Measurement 107

Chovanec, J.

Multicriterial Optimization of Expert Activity 114

Chlup, J.

Trial Runs of the Hand-Operated Laser Distance Metre DISTO pro² 117

Koska, B. – Štroner, M. – Pospíšil, J.

Laser Scanning System LORS – Development and Accuracy Testing 123

INHALT

Witzany, J. – Mencl, V. – Wasserbauer, R. – Gregerová, M. – Pospíšil, P. – Čejka, T. – Zigler, R. – Materna, A. – Cikrle, P. – Brožovský, J.

Zusammenfassende Bewertung der theoretischen und experimentellen Erforschung der Karlsbrücke in den Jahren 1994 bis 2004 – Teil 2 97

Kuráž, V. – Matoušek, J.

Prüfung flacher Elektroden für die dielektrische Messung der Feuchtigkeit poröser Materialien 107

Chovanec, J.

Mehrkriterienoptimierung bei der Sachverständigentätigkeit 114

Chlup, J.

Probelaufe des Hand-Laserentfernungsmessers DISTO pro² 117

Koska, B. – Štroner, M. – Pospíšil, J.

Das Laser-Scannsystem LORS – Entwicklung und Prüfung der Genauigkeit 123

REDAKČNÍ RADA**Předseda:**

prof. Ing. Jiří STUDNIČKA, DrSc.

Místopředseda:

doc. Ing. Alois MATERNA, CSc.

Členové:

Ing. Miroslav BAJER, CSc.

doc. Ing. Pavel HÁNEK, CSc.

Ing. Jiří HIRŠ, CSc.

doc. Ing. Vladimír JELÍNEK, CSc.

Ing. Jana KORYTÁROVÁ, PhD.

Ing. Karel KUBEČKA

Ing. Petr KUNEŠ, CSc.

doc. Ing. Ladislav LAMBOJ, CSc.

doc. Ing. Ivan MOUDRÝ, CSc.

doc. Ing. Jaroslav NOVÁK, CSc.

doc. Ing. Luděk NOVÁK, CSc.

doc. Ing. Miloslav PAVLÍK, CSc.

prof. Ing. J. PROCHÁZKA, CSc.

Ing. Vlastimil ROJÍK

Ing. Karel SVOBODA

doc. Dr. Ing. Miloslav ŠLEZINGR

Ing. Ludvík VÉBR, CSc.

doc. Ing. Josef VITÁSEK, CSc.

prof. Ing. Jiří WITZANY, DrSc.

Ing. Renata ZDAŘILOVÁ

STAVEBNÍ OBZOR, odborný měsíčník, vydává Fakulta stavební ČVUT Praha společně s Fakultou stavební VUT Brno, Fakultou stavební VŠB TU Ostrava, Českou komorou autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě a Českým svazem stavebních inženýrů. Řídí redakční rada, vedoucí redaktorka Marcela Klímová. Adresa redakce: Thákurova 7, 166 29 Praha 6, tel./fax: 224 354 596, klimova@fsv.cvut.cz, http://web.fsv.cvut.cz/obzor. Vychází každý měsíc kromě července a srpna, cena za výtisk je 40 Kč včetně DPH (+ poštovné a balné). Objednávky odběru i reklamace přijímá Ing. Milan Gattringer, MG DTP, Borovanská 3388, 143 00 Praha 4, tel./fax: 241 770 220, e-mail: mgdtp@volny.cz. Odběr je možné zrušit až po vyčerpání zaplaceného předplatného. Inzerce adresujte redakci. Technická redakce a realizace: Ing. Milan Gattringer. Podávání novinových zásilek povoleno Ředitelstvím pošt Praha, č. j. NP 144/1994, ze dne 21. 10. 1994. Do sazby 14. 3. 2005. Nevyžádané rukopisy se nevracejí.

INDEX 47 755, ISSN 1210-4027

Souhrnné hodnocení teoretického a experimentálního výzkumu Karlova mostu v letech 1994 až 2004 2. část

prof. Ing. Jiří WITZANY, DrSc.¹⁾, doc. Ing. Vojtěch MENCL, CSc.²⁾,
doc. Ing. Richard WASSERBAUER, DrSc.¹⁾, doc. RNDr. Miroslava GREGEROVÁ, CSc.³⁾,
RNDr. Pavel POSPÍŠIL, PhD.²⁾, Ing. Tomáš ČEJKA, PhD.¹⁾, Ing. Radek ZIGLER¹⁾,
doc. Ing. Alois Materna, CSc.⁴⁾, Ing. Petr Cíkrle, PhD.²⁾, Ing. Jiří Brožovský, PhD.⁴⁾

Značná různorodost a nestejněměrnost fyzikálně mechanických vlastností stavebních kamenů ze sedimentárních hornin je v konstrukci Karlova mostu zvláště na dalšími faktory, k nimž patří použití kamenů z různých těžebních lokalit, různé stáří, vlhkost a stupeň degradace. Značný rozptyl vlastností kamenného zdiva mostní konstrukce v závislosti na počátečních vlastnostech, intenzitě probíhajících degradačních procesů, vlhkosti a stupni zvětrání jednotlivých kamenných kvádrů, spolu s variabilitou vlastností po výšce kamenných kvádrů, rozdílnost a heterogenita skladby výplně mostního tělesa z hlediska fyzikálně mechanických vlastností materiálů, jsou významné a omezující podmínky při vytváření výpočetního modelu. K tomu dále přistupují nedostatečně definované vlastnosti vzájemných kontaktů jednotlivých fází kompozitní mostní konstrukce, bez jejichž znalosti nelze postihnout vzájemnou interakci např. kamenné mostní konstrukce a výplňových vrstev.

Monitorování deformací Karlova mostu prokázalo závažnost a vliv nesilových účinků (teplota, vlhkost) na cyklické deformace a trvalé přetváření prováděné postupnou dezintegrací kamenného zdiva, narůstajícím náklonem poprsných zdí a rozvojem trhlin kamenné mostní konstrukce (každý deformační cyklus „je provázen postupným nárůstem trvalých deformací“, část nerealizované primární deformace vyvolává mechanický stav napjatosti, výsledná tahová napětí přispívají k rozvoji tahových trhlin).

Porovnání hodnot napjatosti (normálové napětí σ_x a σ_y , hlavní napětí σ_1 , σ_2), vypočtené programovým systémem ANSYS, prokazuje negativní vliv interakce kamenné mostní konstrukce se zabudovanou „železobetonovou“ deskou z hlediska celkového zvýšení stavu napjatosti kamenného zdiva v jednotlivých zatěžovacích cyklech účinkem změny teploty.

Výsledky rozsáhlého teoretického a laboratorního výzkumu, dlouhodobého sledování a průzkumných prací „in situ“ jednoznačně prokazují oprávněnost navržené koncepce a postupu opravy Karlova mostu prezentované v roce 1997 [4].

1. Výzkum fyzikálně mechanických vlastností pískovcových bloků Karlova mostu

V průběhu let 1994 až 2004 probíhal na Karlově mostu v rámci [1], [2] a [3] za omezujících podmínek systematický průzkum, jehož cílem bylo stanovení vlastností a míry degradace konstrukčních materiálů. Přes omezené možnosti odběru vzorků pro fyzikálně mechanické zkoušky se podařilo získat soubor výsledků zkoušek pískovců a opuk, na kterém lze dokumentovat materiálovou různorodost konstrukce Karlova mostu a intenzitu probíhajících degradačních procesů.

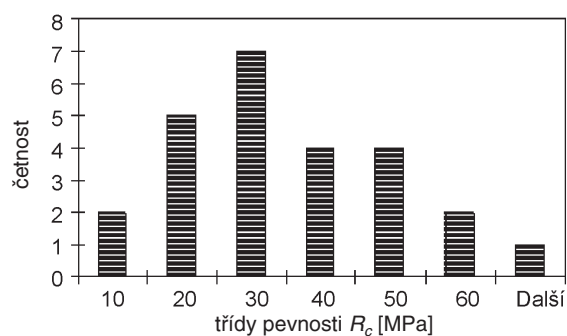
Vzhledem k požadavku minimalizovat odběr vzorků v souladu s metodikou ČSN 73 0038, a tím narušování kamenné mostní konstrukce, nebylo možné postihnout, v potřebném rozsahu, materiálovou heterogenitu a nestejněměrnost pískovcových bloků kamenné mostní konstrukce. Z uvedeného důvodu bylo nutné využít netradiční metody zkoušení, jako např. stanovení fyzikálně mechanických vlastností na malometrážních zkušebních tělesech s omezeným počtem vzorků. Značná heterogenita a nestejněměrnost kamenných bloků je způsobena použitím kamene z různých lokalit těžby, často i s rozdílnými vlastnostmi sedimentární horniny i v rámci jedné lokality, rozdílným stářím a stupněm degradace zabudovaných kamenných bloků. Omezení možnosti destruktivních zásahů neumožňuje také souhrnné popsaní průběhu sledovaných veličin po výšce kamenných bloků (700 až 1 100 mm) tvořících mostní klenby.

Ze vzorků pískovce, odebraných z klenb Karlova mostu v roce 1994 ([1], publikováno v [4]), bylo získáno celkem 25 výsledků zkoušek pevnosti v tlaku ve vysušeném stavu R_c (KÚ ČVUT). Průměrná hodnota pevnosti v tlaku R_c byla 31,1 MPa, minimální hodnota 7,6 MPa a maximální hodnota 61,0 MPa. Směrodatná odchylka výběru měla hodnotu 15,1 MPa. Variační součinitel, který vyjadřuje procentní poměr směrodatné odchylky a průměrné hodnoty, pak vychází 48,5 %, což svědčí o značné nestejněměrnosti materiálů konstrukce. Značný rozptyl výsledků pevnosti v tlaku pískovce je patrný v histogramu četnosti na obr. 1. Obdobný rozptyl byl zjištěn také u ostatních vlastností pískovce.

Na základě statistického vyhodnocení souboru experimentálně stanovených pevností a modulu pružnosti v tlaku z výběru 17 vzorků odebraných z pískovcových bloků z líce šesti různých klenbových oblouků – hloubka odběru do 200 mm (odběr 1994 a 2000) byla určena průměrná pevnost pískovce v tlaku 34,32 MPa a průměrný modul přetvárnosti pískovcového zdiva v tlaku $5,355 \cdot 10^3$ MPa. Hodnota výpoč-

¹⁾ Fakulta stavební ČVUT, ²⁾ Fakulta stavební VUT Brno, ³⁾ Přírodovědecká fakulta MU Brno, ⁴⁾ Technická univerzita TU VŠB Ostrava

tové pevnosti kamenného zdiva, která byla stanovena extrapolací hodnot uvedených v ČSN 73 1101 (tab. 2) pro zdivo řádkové čisté (jakosti III) a maltu kvality 0,4 MPa, číni $R_{ms,d} = 1,75$ MPa. V souladu s ČSN 73 0038 byla vypočtena upravená výpočtová pevnost zdiva s přihlédnutím k vlhkosti, celistvosti a kvalitě zdiva a podrobnosti průzkumu $R_d = 1,56$ MPa [5].



Obr. 1. Histogram četnosti pevnosti v tlaku

V rámci výzkumných prací [3] byly provedeny dynamické nedestruktivní zkoušky – ultrazvukovou impulsní metodou. Nejvýznamnějším výstupem z ultrazvukového měření je hodnota dynamického modulu pružnosti, ze které lze získat hodnotu statického modulu pružnosti důležitou pro aproximativní výpočty deformací kamenné mostní konstrukce. Vzájemný poměr mezi dynamickým a statickým modulem pružnosti je pro každý druh materiálu různý. Na dvou vizuálně různých vzorcích arkózového pískovce ve stavu vysušeném (oblouk III. a IV.) byl stanoven dynamický modul pružnosti z doby průchodu ultrazvuku $27,1 \cdot 10^3$ MPa a $17,0 \cdot 10^3$ MPa. Těmto hodnotám odpovídá statický modul pružnosti arkózového pískovce (oblouk III. a IV.) $23,4 \cdot 10^3$ MPa a $16,0 \cdot 10^3$ MPa (obr. 2). Z rychlosti šíření ultrazvuku je možné orientačně určit rovněž pevnost odebraných vzorků kamene (tab. 1).

V tabulce 2 jsou uvedeny hodnoty dynamických modulů pružnosti vzorků pískovce odebraných z různých lokalit těžby kamenných bloků použitých na mostní konstrukci Karlova mostu v závislosti na vlhkosti a pevnosti v tlaku pískovce ve stavu vysušeném a nasyceném stanovených na tělesech o průměru 50 mm.

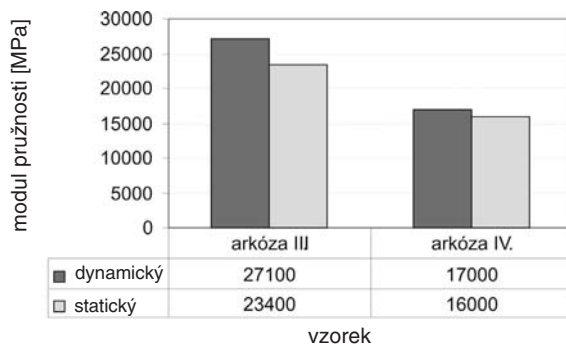
Výsledky zkoušek pevnosti pískovce v tlaku v závislosti na vlhkosti a porovnání pevnosti ve stavu suchém a nasyceném (ukazatel změknutí) poukazují na významný vliv vlhkosti na pevnost pískovce v tlaku. Velká variabilita fyzikálně mechanických vlastností vyžaduje přijetí řady zjedno-

Tab. 1. Pevnost v tlaku arkózového pískovce ve stavu vysušeném, nasákavost kamene za atmosférického tlaku po 48 hodinách

Vrt	Průměr d	Výška l	Hmotnost m_s	Objemová hmotnost ρ v suchém/nasyceném stavu	Pevnost v tlaku R_c	Nasákavost po 48 h $NV_{48}/zdánlivá$ pórovitost po 48 h
	[mm]		[g]	[kg/m ³]	[MPa]	[%]
III.	54,15	55,0	281,4	2222	57,3	4,1/9,2
III. modul	54,15	202,7	1041,6	2 231/2 331	53,8	
IV.	54,10	54,3	267,5	2143	39,1	5,8/12,5
IV. modul	54,07	201,9	998,2	2 153/2 281	33,9	

Poznámka:

Při vzájemném porovnání pevnosti vysušených a nasycených vzorků vychází ukazatel změknutí arkózy orientačně 0,91. Vzorek z oblouku č. III měl vyšší pevnost a objemovou hmotnost. Výsledky ultrazvukových měření potvrdily značné rozdíly mezi vzorky arkózy odebranými z oblouku III. a IV., které byly naměřeny při pevnostních zkouškách.



Obr. 2. Porovnání dynamických a statických modulů pružnosti

dujících předpokladů při homogenizaci kamenného zdiva, která musí být prováděna odděleně pro každé mostní pole.

Na obrázcích 3 a 4 jsou znázorněny výsledky laboratorních zkoušek segmentů ze dvou jádrových vrtů odebraných z arkózového pískovce, z nichž je patrná variabilita fyzikálně mechanických vlastností po výšce, zejména pokles pevnosti a modulu pružnosti v tlaku směrem k povrchu pískovcových kvádrů. Tyto výsledky jsou v souladu se zjištěnou intenzitou chemických a biochemických degradačních procesů.

Na obrázku 5 jsou znázorněny pracovní diagramy pískovce experimentálně zjištěné na válcových vývrtech výšky 70 mm a průměru 35 mm, z nichž je patrný převážně lineární průběh závislosti σ_l a ε . Případná nelinearita sledované závislosti bude záviset na stupni degradace jednotlivých pískovcových bloků, jejich vlhkosti, tloušťce a fyzikálně mechanických vlastnostech výplně ložných spár a jejich podílu v kamenném zdivu Karlova mostu (vápená malta s hydraulickým pojivem, popř. vápenocementová malta). Tyto otázky budou předmětem dalšího experimentálního výzkumu. Bez dostatečně rozsáhlého souboru výsledků experimentálně zjištěných pro jednotlivé komponenty kamenného zdiva nelze řešit úlohu homogenizace značně heterogenního zdiva. Takovýto postup může vést k chybným závěrům.

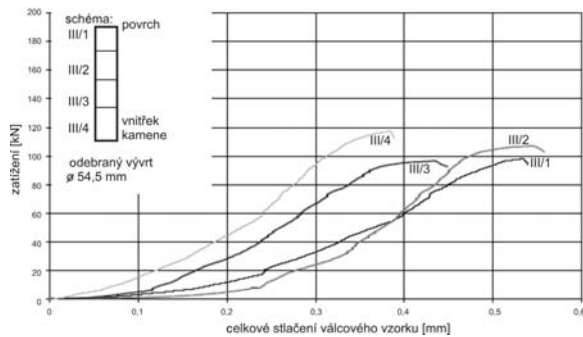
Výsledky zkoušek vzorků odebraných v roce 2000 z opukové rovnaniny dokládají také značnou různorodost vlastností opuky (tab. 3).

Shrnutí

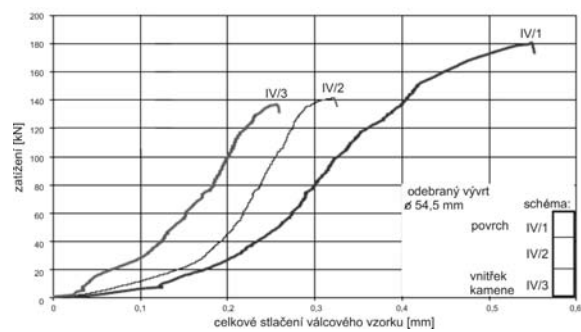
• Značná **různorodost a nestejnomyernost fyzikálně mechanických vlastností** stavebních kamenů ze sedimentárních hornin je v konstrukci Karlova mostu zřetelně a dalšími faktory, k nimž patří použití kamenů z různých těžebních lokalit, různé stáří, vlhkost a stupeň degradace.

Tab. 2. Dynamický modul pružnosti pískovců v různých vlhkostních stavech, pevnost v tlaku a ukazatel změknutí KZ_c pískovce

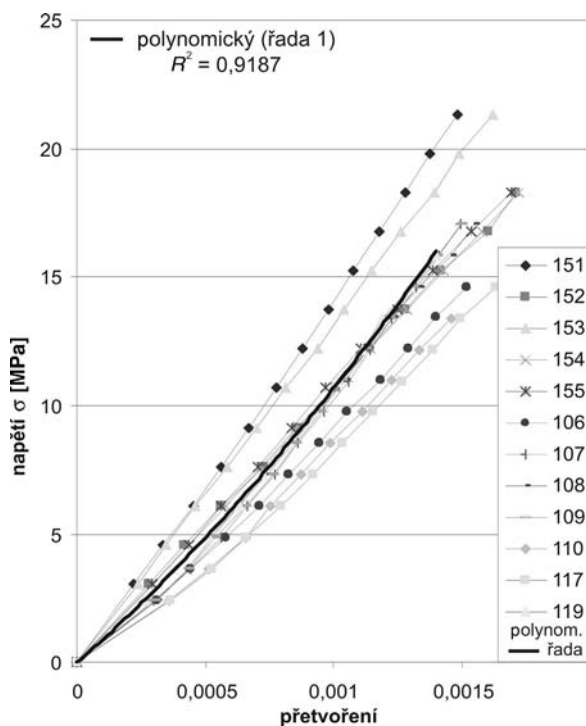
Lokalita	Ve stavu vysušeném			Ve stavu nasyceném			Hodnoty ukazatele změknutí zkušebních těles (KZ) $R_{c,n}/R_c$	Dynamický modul pružnosti E_b vlhký po odběru/ vlhký v lab./ vysušený při 70°C [MPa]
	objemová hmotnost ρ [kg/m ³]	pevnost v tlaku R_c [MPa]		objemová hmotnost ρ [kg/m ³]	pevnost v tlaku $R_{c,n}$ [MPa]			
		jednotlivá	průměrná		jednotlivá	průměrná		
Božanov	2100	47,4					0,77	11 300/ 12 800/ 14100
Božanov	2110	40,8	44,1	2199	33,9	33,9		
Nučice	2238	58,2	60,3	2361	52,8	45,1	0,75	34 500/ 31 100/ 29000
Nučice	2287	70,3		2339	31,9			
Nučice	2212	52,4		2370	50,5			
Vyšehořovice	1861	26,3	26,3	2109	27,6	27,6	1,05	7 700/7 400/6 900
K. Žehrovice	2182	58	58,5	2265	41,6	45,6	0,78	19 100/ 17 300/ 18000
K. Žehrovice	2186	61,2		2277	51,9			
K. Žehrovice	2162	56,4		2269	43,2			



Obr. 3. Pracovní diagramy arkozového pískovce – vzorky odebrané z oblouku III.



Obr. 4. Pracovní diagramy arkozového pískovce – vzorky odebrané z oblouku IV.



Obr. 5. Pracovní diagramy pískovce experimentálně zjištěné na válcových vývrtech

● Značný rozptyl význačných vlastností, jako je pevnost, modul pružnosti, objemová hmotnost a nasákovost, nemožností extrapolovat tyto experimentálně stanovené vlastnosti na ostatní kamenné bloky mimo místa odběrů. S tímto problémem souvisí otázka materiálového modelu a homogenizace kamenného pískovcového zdiva mostní konstrukce a opukového zdiva v tělese mostní konstrukce v souvislosti s numerickou analýzou napjatosti a deformací kamenné mostní konstrukce.

● Značný rozptyl vlastností kamenného zdiva mostní konstrukce v závislosti na počátečních vlastnostech, intenzitě probíhajících degračních procesů, vlhkosti a stupně zvětrání jednotlivých kamenných kvádrů, spolu s variabilitou vlastností po výšce kamenných kvádrů, rozdílností a heterogeností skladby výplně mostního tělesa z hlediska fyzikálně mechanických vlastností materiálů jsou významné

Tab. 3. Různorodost vlastností opuky z vrstvy rovnaniny

Vzorek opuky	Objemová hmotnost ρ [kgm ⁻³]	Nasákovost hmotnostní NV [%]	Pevnost v tlaku R_c [MPa]	Dynamický modul pružnosti E_{bu} [MPa]
3/4	1 750	17,9	37,8	12 400
9/2	1 990	11,4	80,8	15 100
3/5	2 180	7,42	154,7	26 600
9/3	2 520	1,51	205,2	44 300

a omezující podmínky při vytváření **výpočtového modelu**. K tomu dále přistupují nedostatečně definované vlastnosti vzájemných kontaktů jednotlivých fází kompozitní mostní konstrukce, bez jejichž znalosti nelze postihnout vzájemnou interakci např. kamenné mostní konstrukce a výplňových vrstev.

2. Monitorování deformací a přetváření kamenné mostní konstrukce a poprsních zdí

V návaznosti na předchozí sledování deformací a přetváření Karlova mostu (1984–1988 PŮDIS, 1994 [1]) se monitoring prováděný v rámci [3] v letech 2003/2004 soustředil na měření (KÚ ČVUT; Ing. J. Záruba):

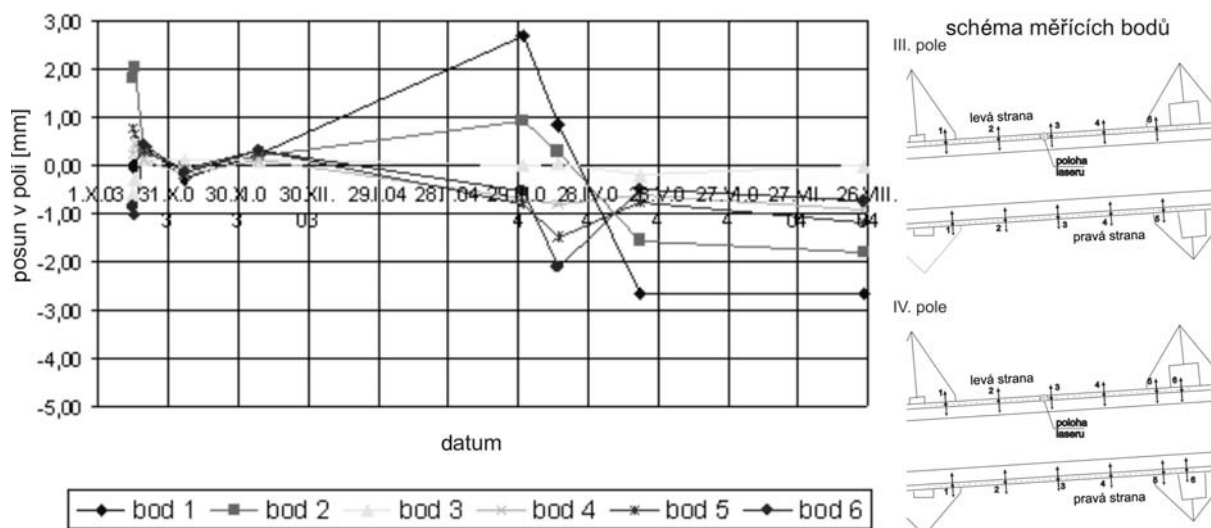
- příčných vodorovných deformací vrcholů poprsních zdí laserem s přesností $\pm 0,2$ mm;
- příčných náklonů poprsních zdí pomocí komparačního „vteřinového“ náklonoměru s přesností ± 5 úhlových vteřin;
- svislých deformací vrcholů poprsních zdí laserem (nepřímé měření svislé deformace mostních oblouků) s přesností $\pm 0,2$ mm;

- změn šířky trhlin sázecím deformetrem s přesností ± 2 μ m a měřítkovými deformetry s přesností $\pm 0,1$ mm.

Sledování deformací prokázalo cyklické přetváření kamenné mostní konstrukce (svislé deformace mostních oblouků, vodorovné a svislé deformace a náklon poprsních zdí, změny šířky trhlin na líci mostních kleneb) a jejich přímou souvislost se změnami teploty a vlhkosti (obr. 6 až obr. 9). V tabulce 4 jsou uvedeny maximální hodnoty naměřených deformací v rámci jednodenního (Δ_{den}), popř. několikaměsíčního cyklu ($\Delta_{m\acute{e}s}$).

Na obrázcích 10 a 11 jsou porovnány vybrané extrémní hodnoty teoreticky vypočtených vodorovných a svislých deformací horní hrany (koruny) poprsních zdí od účinku změny teploty a naměřených deformací laserovou vodováhou. Na obrázku 12 jsou znázorněny teoreticky vypočtené charakteristické tvary deformací poprsní zdi a mostní klenby od účinku teploty ($+37$ °C, -24 °C) a účinku vlastní tíhy (FEAT 2000, tříuzlové konečné prvky). Deformace horní hrany poprsní zdi od účinku teploty se realizuje na již „zdeformované“ mostní konstrukci, která ovlivňuje průběh výsledné deformace (obr. 13).

Experimentální sledování deformací mostní konstrukce prokázalo řádovou shodu naměřených a teoreticky vypočte-



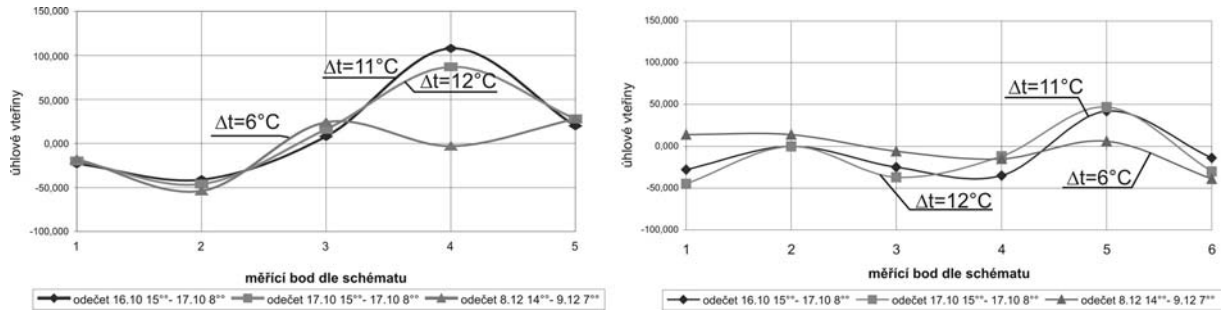
Obr. 6. Příčné vodorovné deformace vrcholů poprsních zdí (oblouk IV.)

Tab. 4. Maxima naměřených denních a měsíčních deformací kamenné konstrukce Karlova mostu

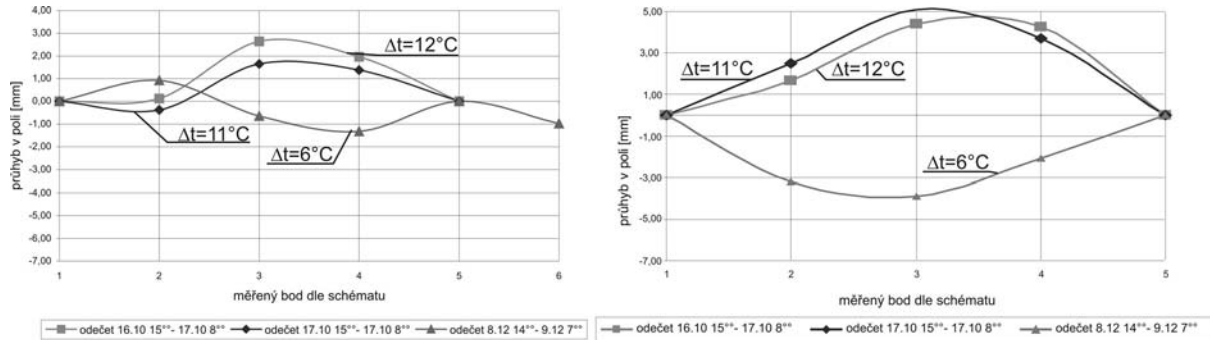
Změny	Maxima naměřených deformací			
	letní období		zimní období	
	Δ_{den}	$\Delta_{m\acute{e}s}$	Δ_{den}	$\Delta_{m\acute{e}s}$
vodorovné deformace vrcholů poprsních zdí (Δ_x)	$\pm 1,5$ mm	+2,5 mm -3,0 mm	$\pm 1,4$ mm	$\pm 2,0$ mm
příčné náklony poprsních zdí (φ)	+42 -79 vteřin	+210 vteřin -100 vteřin	+100 vteřin -75 vteřin	± 250 vteřin
svislé deformace vrcholů poprsních zdí (svislé deformace mostních oblouků) (Δ_y)	+2,97 -3,58 vteřin	+3 -4 mm	± 4 mm	$\pm 1,5$ mm
změna šířky podélných trhlin na líci mostní klenby (Δ_x)	10,20 μ m	200÷420 μ m	15÷40 μ m	400÷700 μ m

Legenda:

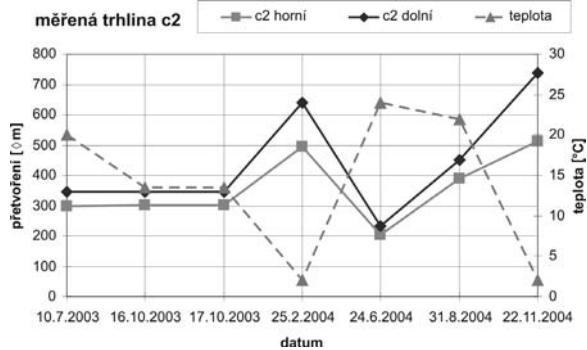
Δ_{den} – největší deformace naměřená v rámci jednodenního cyklu; $\Delta_{m\acute{e}s}$ – největší deformace naměřená v rámci několikaměsíčního cyklu



Obr. 7. Přčný náklon poprsních zdí (oblouk III.)



Obr. 8. Svislé deformace vrcholů poprsních zdí (oblouk III.)



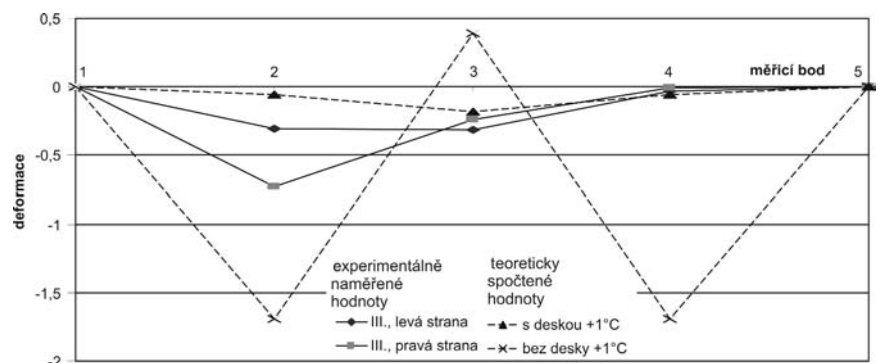
Obr. 9. Změny šířky podélné trhliny

ných hodnot, které se pohybují i v rozmezí denního cyklu v rozsahu desetin až několika milimetrů. Tuto shodu, s přihlédnutím k neznalosti rozsahu a intenzitě vzájemné interakce výplňových vrstev mostního tělesa a kamenné mostní konstrukce, lze považovat za uspokojivou.

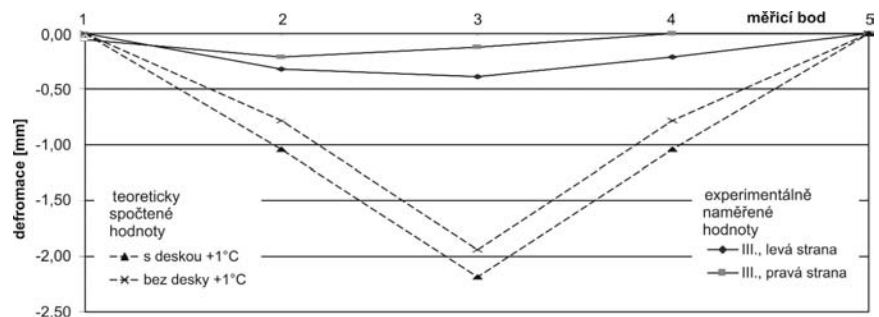
Shrnutí

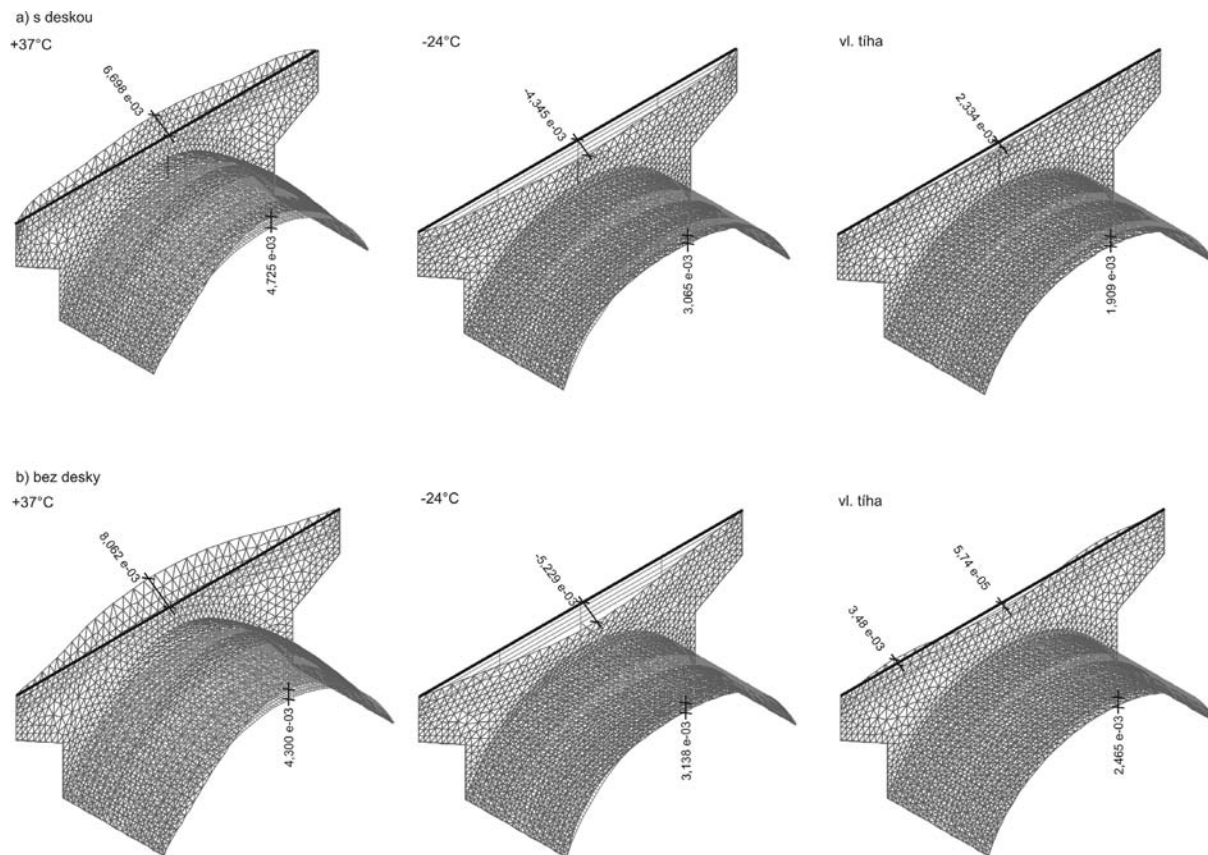
● Monitorování deformací Karlova mostu prokázalo závažnost a vliv nesilových účinků (teplota, vlhkost) na **cyklické deformace** a trvalé přetváření provázené postupnou dezintegrací kamenného zdiva, narůstajícím náklonem poprsních zdí a rozvojem trhlin ve zdivu kamenné

Obr. 10. Porovnání svislých deformací naměřených a teoreticky vypočtených (oblouk III., pro rozdíl teploty +1 °C)

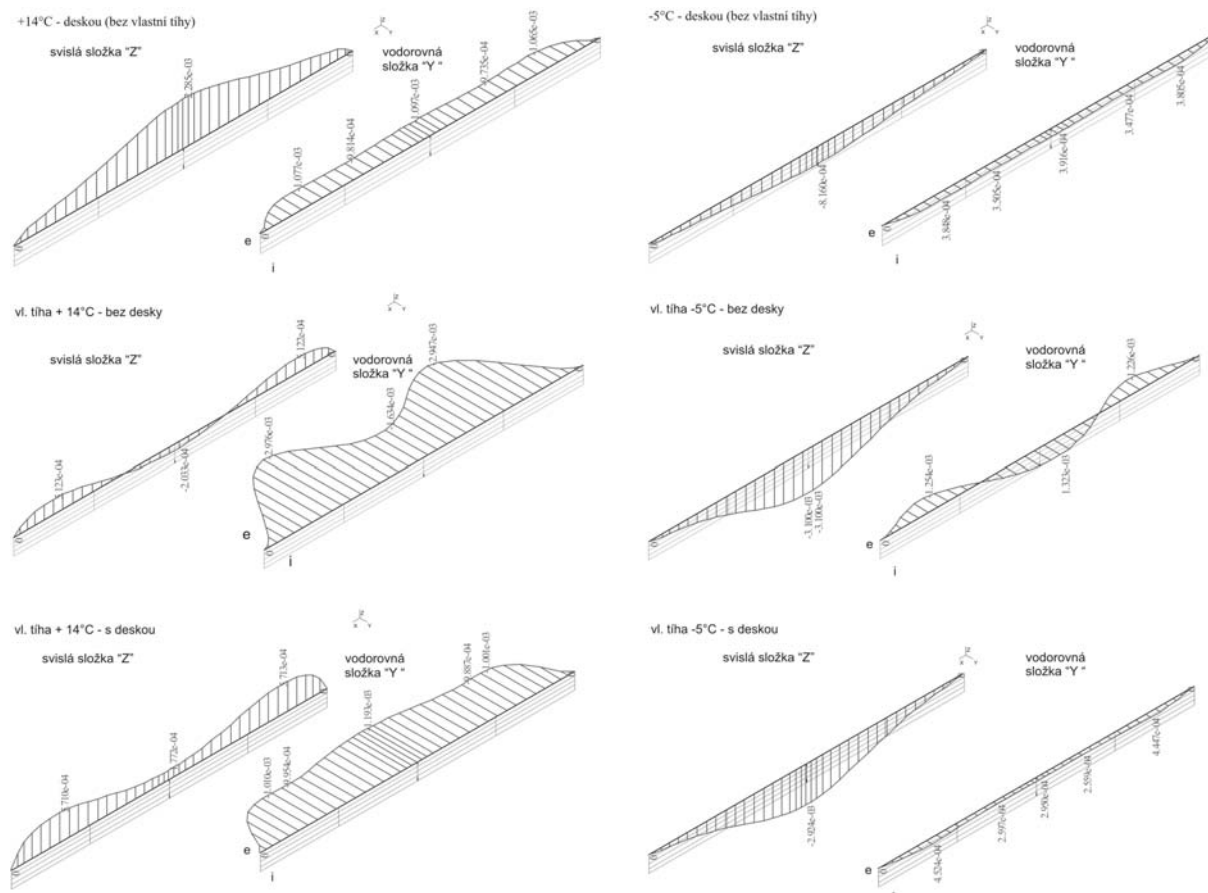


Obr. 11. Porovnání vodorovných deformací naměřených a teoreticky vypočtených (oblouk III., zatěžovací teplota +1 °C)





Obr. 12. Teoreticky vypočtené charakteristické tvary deformáci poprsní zdi a mostní klenby od účinku teploty (+37 °C, -24 °C) a účinku vlastní tíhy (FEAT 2000, třížlové konečné prvky)



Obr. 13. Deformace horní hrany poprsní zdi od účinku teploty se realizuje na již „zdeformované“ mostní konstrukci, která ovlivňuje průběh výsledné deformace.

mostní konstrukce (každý deformační cyklus je provázen postupným nárůstem trvalých deformací, část nerealizované primární deformace vyvolává mechanický stav napjatosti, výsledná tahová napětí přispívají k rozvoji tahových trhlin – obr. 9).

- Teoreticky vypočtené hodnoty odpovídajících deformací v rámci aproximativních numerických analýz prokazují uspokojivou shodu s diskretními hodnotami získanými v rámci provedeného experimentálního sledování (monitoringu).

- Na základě zkušeností z provedeného monitoringu byl navržen systém **dlouhodobého sledování a přetváření kamenné mostní konstrukce** zahrnující pravidelné čtvrtletní měření příčných vodorovných deformací a náklonů poprsních zdí, svislých deformací vrcholů mostních kleneb, kontinuální sledování změn šířky trhlin na lícni ploše vybraných mostních polí a v půlročních cyklech sledování celkových deformací vybraných mostních pilířů. Součástí tohoto doporučeného pravidelného monitoringu je sledování časových změn intenzity chemických a biochemických procesů na povrchu, popř. v přípovrchových vrstvách kamenného zdiva v ročních cyklech a sledování teploty kamenné mostní konstrukce a výplňových vrstev mostního tělesa.

3. Numerická analýza teplotních vlivů na kamennou konstrukci Karlova mostu, porovnání varianty plošných, popř. skořepinových tříuzlových konečných prvků a varianty prostorových osmiuzlových konečných prvků (FEAT 2000, ANSYS)

V rámci numerických lineárních analýz MKP bylo provedeno porovnání výsledků vypočtených v programovém systému FEAT 2000 (tříuzlové konečné prvky) a v programovém systému ANSYS (3D konečné prvky SOLID45 s homogenizovanými vlastnostmi). Geometrický výpočtový model byl vytvořen podle zpřesněné výkresové dokumentace (fotogrammetrický model) vypracované v rámci [3] na VUT Brno. Výpočet teplotních účinků byl proveden na základě teplotních polí – povrchových teplot získaných termovizním měřením ČVUT Praha, VUT Brno a TU VŠB Ostrava pro případ jednoho mostního pole. Na brněnském pracovišti (Drochytka, Salajka) byl vytvořen výpočetní model tvořený čtyřmi mostními poli skutečných rozměrů (obr. 16).

Poznámka:

V současné době probíhá příprava dalších experimentálních zkoušek pískovcového zdiva (s různým podílem ložných spár). Výsledky spolu s dalšími budou podkladem pro nelineární analýzu účinku změny teploty a změny tvaru základové spáry.

Vstupní materiálové charakteristiky pro uvedené varianty výpočtu MKP v programovém systému ANSYS a FEAT 2000 (hodnoty uvedené kursivou) jsou v tab. 5. Na obrázku 14 jsou znázorněny průběhy izolinií normálových napětí σ_x a σ_y na horním a dolním povrchu pískovcového klenbového zdiva vypočtené programovým systémem ANSYS a FEAT 2000 (ve výpočtu uvažován shodný geometrický výpočtový model a shodná tloušťka mostní klenby 1 m). Na obrázku 15 jsou znázorněny průběhy normálových napětí σ_x a σ_y v příčné (ve vrcholu) a podélné ose mostní klenby pro varianty s „železobetonovou“ deskou a bez desky a zatěžovací teploty +37 °C a –24 °C.

Podobně jako v případě analýzy provedené v programovém systému FEAT 2000 [5], [6] a [7] i analýza výsledků výpočtu v programovém systému ANSYS prokázala, že v důsledku interakce železobetonového deskového táhla (tzv. železobetonové desky), zakotveného do poprsních zdí, dochází ke zvýšení celkové napjatosti kamenného zdiva. Maximální hodnoty hlavních napětí v tahu ve zdivu mostních kleneb dosahují v letním období (zatěžovací teplota +37 °C) hodnot 743 kPa ve variantě s „železobetonovou“ deskou, hodnot 593 kPa ve variantě bez desky, v zimním období (zatěžovací teplota –24 °C) hodnot 947 kPa ve variantě bez desky, hodnot 1 114 kPa ve variantě s „železobetonovou deskou“. Rozdíl mezi hodnotami deformací mostní konstrukce bez desky (tj. původní **historické řešení**) a mostní konstrukce se zabudovanou deskou se realizuje jako účinek vynucené deformace, který je provázen trvalými deformacemi (např. nárůst vykláčení poprsních zdí, trvalé deformace mostních kleneb [4], rozvoj trhlin a dezintegrací kamenného zdiva.

Shrnutí

- Komparativní analýza a porovnání výsledku výpočtu programovým systémem FEAT 2000 a ANSYS (plošné tříuzlové konečné prvky, prostorové osmiuzlové prvky) prokázala velmi uspokojivou shodu vypočtených hodnot napětí a deformací.

- Porovnání hodnot napjatosti (normálové napětí σ_x a σ_y , hlavní napětí σ_1 , σ_2) vypočtené programovým systémem ANSYS prokazuje, ve shodě s dříve publikovanými výsledky numerických analýz [5], [6], [7], **negativní vliv interakce kamenné mostní konstrukce se zabudovanou „železobetonovou deskou“** z hlediska celkového zvýšení stavu napjatosti, deformací a trvalého narušování kamenného zdiva Karlova mostu v jednotlivých zatěžovacích cyklech účinkem změny teploty.

4. Koncepce opravy (rekonstrukce) Karlova mostu

V letech 1966–1975 byla provedena celková rekonstrukce Karlova mostu. Krátce po jejím dokončení vznikla na mostní konstrukci řada poruch [4], [5]. V rámci [1] byly na základě shrnutí dostupných poznatků a provedeného výzkumu navrženy čtyři alternativy opravy Karlova mostu, které se vzájemně lišily rozsahem opravy i mírou odstranění příčin vyskytujících se poruch a probíhajících deformačních procesů – od relativně malého k rozsáhlejšímu zásahu. Navržené alternativy, které zahrnovaly provedení nového funkčního hydroizolačního systému, se především soustřeďovaly na odstranění nežádoucích zásahů do výplňových vrstev mostního tělesa, provedených v letech 1996–1975, a na opatření související s interakcí výplňových vrstev tělesa mostu a vlastní kamenné mostní konstrukce.

Základem vybrané tzv. 3. alternativy (Technická komise TSK, a. s.) je koncepce řešení opravy Karlova mostu, publikovaná např. v časopise ČKAIT 1997 – *Witzany: Stavebně technický stav a rekonstrukce Karlova mostu* [4], která vycházela z požadavku (citace z [4]) ...**“vrácení“ konstrukce Karlova mostu do její původní podoby, tj. kamenné mostní klenbové konstrukce. Předpokládá vytvoření statického systému, který výrazně omezí vzájemnou interakci kamenné mostní klenbové konstrukce, poprsních zdí a vlastního tělesa mostní vozovky při působení účinků objemových změn, zejména účinků teploty a vlhkosti, odstranění a výrazné omezení příčin fyzikálních, chemických a mikrobiologických korozivních a deformačních procesů.**

Tab. 5. Materiálové charakteristiky pro výpočet MKP (FEAT 2000, ANSYS)

Materiál	Modul pružnosti [MPa]	Poissonův součinitel	Objemová hmotnost [kg m ⁻³]	Součinitel tepelné roztažnosti [°C ⁻¹]	Tepelná vodivost [Wm ⁻¹ K ⁻¹]	Měrná tepelná kapacita [J kg ⁻¹ K ⁻¹]
pískovcové zdivo	14 000	0,18	1 980	0,000 008	1,7	920
<i>pískovcové zdivo</i>	5 355	0,2	2 100	0,000 008		
podkladní beton	16 400	0,2	2 200	0,000 010	1,28	840
deska	24 000	0,2	2 160	0,000 010	1,5	840
<i>deska</i>	27 000	0,2	2 500	0,000 012		
keramzitbeton	6 000	0,15	1 500	0,000 007	0,9	880
opuková rovnánina	12 000	0,18	1 900	0,000 007	1,5	920
ocel	206 000	0,27	7 853	0,000 050	58	440

Konstrukce mostní vozovky, včetně hydroizolace a podkladní betonové desky vyztužené sítí, musí být z hlediska tohoto požadavku „pružně“ uložena na kamenné klenbové konstrukci mostu prostřednictvím smykové poddajné „separační“ vrstvy a musí být oddělena průběžnou dilatační spárou od poprsních zdí. Vysoká relativní smyková poddajnost – nízká smyková tuhost – navržené separační vrstvy v porovnání s tuhostí klenbové konstrukce a vlastní vozovky omezuje jejich vzájemné spolupůsobení a přenos namáhání prostřednictvím smykových sil, popř. vynucenou deformaci a přetvoření. Nízká smyková tuhost separační vrstvy současně podstatně omezuje a snižuje postupný nárůst trvalých přetvoření mostní konstrukce. Uvolnění statické vazby mezi klenbovou mostní konstrukcí a výplní mostu vede k celkovému snížení namáhání a současně k omezení vzniku a rozvoje trvalých přetvoření, poruch a dezintegrace zejména kamenné klenbové konstrukce.

Důsledné oddělení výplně mostního tělesa od poprsních zdí průběžnou dilatační spárou přispívá k výraznému snížení příčných vodorovných namáhání poprsních zdí způsobených bočními tlaky od jednotlivých vrstev výplně mostního tělesa a tím k omezení jejich příčných deformací a postupnému vykláčení směrem ven z mostní konstrukce.

... Sepnutí poprsních zdí v příčném směru táhly s nízkou tuhostí v tlaku vylučuje, na rozdíl od současného stavu, cyklický vznik předatých vodorovných příčných (rozpěrných) sil způsobených účinkem rozdílné teploty vnější a vnitřní konstrukce mostu.

Zamezení průsaků a pronikání povrchové vody do mostní konstrukce a vytvoření systému provětrávacích kanálků uvnitř mostního tělesa budou výrazně omezeny zejména chemické a mikrobiální korozivní procesy a následné zvětvávání a narušování povrchu kamenného zdiva, jak prokazuje současný stav, vlhkost kamenného zdiva, jejíž příčinou je vztlínání (kapilární elevace), popř. sorpce, nezpůsobuje tak progresivní korozi, zejména chemickou, v porovnání s chemickými účinky srážkové vody od zatekání, neboť neobsahuje potřebnou koncentraci agresivních látek, jak ukazují výsledky laboratorních měření, lze vyslovit domněnku, že korozní činitel – zdroj opakujících se chemických procesů – má převážně původ v posypových prostředcích používaných v minulosti na Karlově mostě, které kontaminovaly těleso mostu ...

... Degradaci a korozivní procesy staveb nelze obecně vyloučit. Jejich projevem je stárnutí staveb. Součástí každého návrhu a realizace staveb, popř. jejich rekonstrukce, musí být vedle splnění příslušných požadavků i potřebná spolehlivost, garantující funkci jednotlivých částí i stavby jako celku v čase, resp. po dobu jejich předpokládané životnosti. To vyžaduje takové řešení, které omezuje na nejmenší reálné dosažitelnou úroveň intenzitu a kinetiku degračních a korozivních procesů. U významných kulturních a historických stavebních památek má tento požadavek mimořádnou závažnost a důležitost. V projektové praxi to znamená detailně analyzovat důsledky interakce jednotlivých částí stavby vzájemně a s vnějším prostředím v čase.

Nedílnou součástí připravované rekonstrukce Karlova mostu bude i detailní prohlídka stavu mostních pilířů a jejich založení. Podemletí vodou při povodních a následné zřícení mostních pilířů, popř. jejich značné rozrušení byly v průběhu historie nejčastější

příčinou poškození mostu. Proto se předpokládá provedení nezbytných sanačních opatření mostních pilířů, která budou zajišťovat jejich stabilitu a spolehlivost nejen v běžných provozních podmínkách, ale i v extrémních podmínkách (stoletá voda) ...

Dosud provedený rozsáhlý teoretický a laboratorní výzkum, numerické analýzy a několikaletý průzkum „in situ“ potvrdily správnost navržené koncepce. Některé závěry uvedené např. v [8] a [9], týkající se eliminace účinků teploty konstatováním např. ... „Železobetonová deska z let 1965–74 v konstrukci mostu zůstává. Nepůsobí tlakem na poprsní zdi ani jako táhlo zdi spínající.“ ... (citace [8]), nedoložená redukce dilatometrických vlastností kamenného zdiva a další, jsou dokladem nejen nedostatku podložené argumentace na podporu „antikoncepce“, ale i nedostatku znalostí komplexní problematiky opravy Karlova mostu a závažnosti nesilových účinků (teplota a vlhkost) z hlediska mechanických, fyzikálních, chemických a biochemických degračních procesů.

Tento příspěvek byl vypracován za podpory projektu č. 103/02/0990 GA ČR „Výzkum vlivu nesilových účinků a agresivního prostředí na stárnutí historických staveb se zvláštním zaměřením na Karlův most v Praze“.

Literatura

- [1] Witzany, J. – Mencl, V. – Hošek, J. – Pospíšil, J. – Gregerová, M. – Wasserbauer, R. – Hruška, A. – Locker, J. a kolektiv expertů: Odborné stanovisko k opravě a rekonstrukci Karlova mostu. ČVUT Fakulta stavební, VUT Fakulta stavební, Masarykova univerzita Brno, Kloknerův ústav ČVUT, Praha, únor 1994.
- [2] Grant MK ČR č. 31/1999/OPP „Monitorování a hodnocení vnějších vlivů a nesilových účinků vnějšího prostředí na kulturní památky se zvláštním zaměřením na Karlův most“ . ČVUT Fakulta stavební, Witzany, J. – ved. úkolu, Praha, 2000.
- [3] Grantový projekt GA ČR č. 103/02/0990 „Výzkum vlivu nesilových účinků a agresivního prostředí na stárnutí historických staveb se zvláštním zaměřením na Karlův most v Praze“ . Witzany, J. – řešitel, Praha, 2002–2004.
- [4] Witzany, J.: Stavebně technický stav a rekonstrukce Karlova mostu. Časopis ČKAIT, 1997.
- [5] Witzany, J. a kol.: Karlův most – hodnocení stavebně technického stavu. Stavební obzor, 10, 2002, č. 8, s. 225–249.
- [6] Witzany, J. a kol.: Chemická a biochemická degradace Karlova mostu, analýza odolnosti a bezpečnosti kamenné mostní konstrukce při povodni, průzkum základového zdiva a základů mostních pilířů. Stavební obzor, 12, 2003, č. 6, s. 161–180.
- [7] Witzany, J. a kol.: Teoretický a experimentální výzkum Karlova mostu. Stavební obzor, 13, 2004, č. 4, s. 97–111.
- [8] Studie – přípravné projektové dokumentace stavby OPRAVA KARLOVA MOSTU (vypracované Mott MacDonald Praha, s. r. o., březen 2004).

[9] Tvrzník, M – Čížek, V.: Karlův most – problematika železobetonové desky. Beton, 2003, č. 4.

Další informace na: <http://karluvmost.cvut.cz>

Witzany, J. et al.: Comprehensive Assessment of Theoretical and Experimental Investigation of Charles Bridge from 1994 to 2004 – Part 2

Extensive heterogeneity and non-uniformity of physical and mechanical properties of building stone from sedimentary rocks is further stressed in Charles Bridge structure by other factors. They include the use of stone from various mining sites, different age, moisture, and degradation rates. Considerable variance of characteristics of the stone masonry of the bridge structure depending on the initial characteristics, intensity of degradation processes under way, moisture, and the weathering rate of individual stone blocks, together with variability of properties along the stone blocks, variation and heterogeneity of the composition of the filling of the bridge body are important and limiting conditions of the calculation model design given the demands and physical mechanical characteristics of the materials. Moreover, characteristics of contacts of individual phases of the composite bridge structure are not defined sufficiently. However, without the knowledge of the characteristics, the interaction of, for example, the stone bridge structure and the filling layers cannot be

determined. The monitoring of the deformations of Charles Bridge has proven the gravity and impact of non-force effects (eg temperature and moisture) on cyclic deformations and permanent distortion accompanied by gradual disintegration of the stone masonry, growing tilt of spandrel walls and crack development of the stone bridge structure. (Each deformation cycle “is accompanied by gradual growth of permanent deformations“, part of the primary deformation, which has not occurred, brings about mechanical state of stress, the resulting tensile stresses contribute to the tensile crack development.)

Comparison of state of stress values (normal stress σ_x and σ_y , principal stress σ_1 and σ_2), calculated using the ANSYS program system, has proven a negative impact of the interaction of the stone bridge structure and the embedded “reinforced concrete“ slab, assuming the overall rise in the state of stress of the stone masonry in individual loading cycles as a result of temperature change. The results of this extensive theoretical and laboratory investigation, long-term monitoring and exploration work in situ have clearly proven the suitability of the designed concept and the process of Charles Bridge reconstruction presented in 1997 [4].

Witzany, J. u. Koll: Zusammenfassende Bewertung der theoretischen und experimentellen Erforschung der Karlsbrücke in den Jahren 1994 bis 2004 – Teil 2

Die erhebliche Heterogenität und Ungleichmäßigkeit der physikalisch-mechanischen Eigenschaften der Bausteine aus Sedimentgesteinen wird in der Konstruktion der Karlsbrücke durch weitere Faktoren betont, zu denen die Verwendung von Bausteinen von verschiedenen Gewinnungsorten, unterschiedlichen Alters, ein unterschiedliches Alter und unterschiedliche Feuchtigkeit sowie ein unterschiedlicher Zerfallsgrad gehören. Die erhebliche Streuung der Eigenschaften des Steinmauerwerks der Brückenkonstruktion in Abhängigkeit von den anfänglichen Eigenschaften, der Intensität der stattfindenden Zerfallsprozesse, der Feuchtigkeit und dem Verwitterungsgrad der einzelnen Steinblöcke sind zusammen mit der Variabilität der Eigenschaften entlang der Höhe der Steinblöcke, der Unterschiedlichkeit und Ungleichmäßigkeit der Zusammensetzung der Füllmasse des Brückenkörpers vom Gesichtspunkt des Anspruchsgrades und der physikalisch-mechanischen Eigenschaften der Materialien bedeutsame und beschränkende Bedingungen bei der Schaffung eines Rechenmodells. Dazu kommen des Weiteren die unzureichend definierten Eigenschaften der Kontakte der einzelnen Phasen der Kompositkonstruktion der Brücke miteinander, ohne deren Kenntnis sich die gegenseitige Interaktion z.B. der Brückenkonstruktion und der Füllschichten nicht erfassen lässt.

Die Aufzeichnung der Verformungen der Karlsbrücke hat die Schwergewichtigkeit und den Einfluss von nicht durch Lasten hervorgerufenen Einwirkungen (Temperatur, Feuchtigkeit) auf die zyklischen Verformungen und die ständige Formänderung nachgewiesen, die von einer schrittweisen Desintegration des Steinmauerwerks, einer zunehmenden Neigung der Brüstungsmauern und der Ausbildung von Rissen in der steinernen Brückenkonstruktion begleitet wird (Jeder Verformungszyklus ist jeweils von einer schrittweisen Zunahme bleibender Verformungen begleitet. Ein Teil der nicht realisierten Primärdeformation ruft einen mechanischen Spannungszustand hervor. Die resultierenden Zugspannungen tragen zur Bildung von Zugrissen bei). Der Vergleich der Werte des Spannungszustandes (Normalspannung σ_x und σ_y , Hauptspannung σ_1 , σ_2), berechnet mit dem Programmsystem ANSYS, weist den negativen Einfluss der Interaktion der steinernen Brückenkonstruktion mit der eingebauten „Stahlbeton“-Platte vom Gesichtspunkt der gesamten Erhöhung des Spannungszustands des Steinmauerwerks in den einzelnen Belastungszyklen durch die Einwirkung der Temperaturänderungen nach.

Die Ergebnisse der umfangreichen theoretischen und labormäßigen Forschungsarbeit, der langfristigen Beobachtung und der Untersuchungsarbeiten an Ort und Stelle weisen eindeutig die Berechtigung der entworfenen und im Jahre 1997 vorgestellten Konzeption [4] und des Verfahrens für die Reparatur der Karlsbrücke nach.

Výzkumné centrum průmyslového dědictví při ČVUT v Praze
 Kolegium pro technické památky ČKAIT a ČSSI
 s podporou stavovských inženýrských organizací zemí Visegradské čtyřky
 a s účastí Českého národního komitétu ICOMOS
 Národního technického muzea
 Národního památkového ústavu, Sekce ochrany průmyslového dědictví NTM
 a sdružení MAMAPAPA

pořádají

3. mezinárodní bienále

INDUSTRIÁLNÍ STOPY 2005

19. – 24. září 2005

Praha–Bubeneč – stará kanalizační čistírna

Kladno – bývalá Vojtěšská huť

*vyústění cyklu konferencí, výstav a kulturních akcí /
 o možnostech, smyslu i úskalí konverze industriálních objektů*

Mapování objektů a atmosféry. Balance využitých i ztracených šancí. /
 Obrazy mizejícího industriálního světa. / Konverze a recyklovatelnost průmyslového
 kulturního dědictví jako součást trvale udržitelného rozvoje. /
 Ekonomické, technické, ekologické a legislativní bariéry. / Limity autenticity

- O možnostech, významu a úskalích nového využití technických a industriálních objektů a areálů mezinárodní odborná konference
- Industriální kulturní krajina Kladno 2005 mezinárodní divadelní a scénický workshop
- Konverze industriálních objektů v ČR výstava
- Obrazy postindustriálního světa výstava fotografií Pavla Friče
- Meziválečná průmyslová architektura v Československu výstava posterů



- **Mapování ohrožených druhů: zanikající i zachráněné pivovary v Čechách**
prezentace výzkumného projektu
- **Working Heritage**
putovní výstava k výsledkům mezinárodního projektu
- **Alternativní projekty pro Kladno**
výstava doktorandských a studentských projektů
Fakulty architektury a Fakulty stavební ČVUT
- **Stopy a objekty**
výstava výtvarných děl a instalací v industriálním prostoru
- **oživení industriálního prostředí**
baletní představení a koncert

Ověření plošných elektrod pro dielektrické měření vlhkosti porézních materiálů

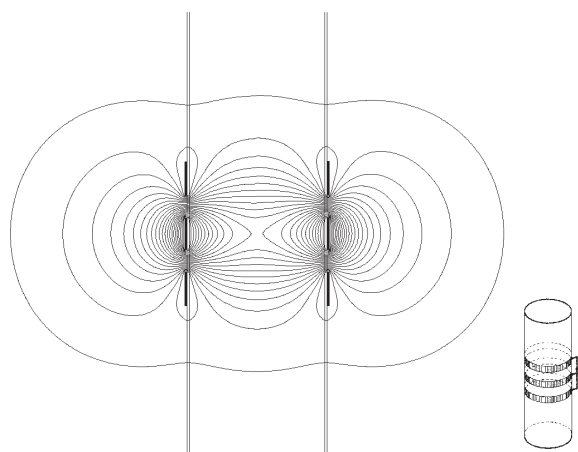
doc. Ing. Václav KURÁŽ, CSc.
Ing. Jan MATOUŠEK
ČVUT – Fakulta stavební
Praha

Obsahem předložené studie je návrh plošných elektrod pro měření vlhkosti porézních materiálů dielektrickou metodou. V práci byl použit numerický model pro modelování rozložení elektrického pole. Výsledky byly experimentálně ověřeny. Následná kalibrace dielektrického měřiče s plošnými elektrodami prokázala lineární závislost v celém rozsahu vlhkosti.

Úvod

Měření vlhkosti porézních materiálů zůstává i přes zřejmé pokroky a rozvoj nových metod stále ne zcela uspokojivě vyřešeným problémem. V současné době se, obdobně jako v našem případě, při měření využívají hlavně dielektrické metody, založené na měření změny relativní dielektrické konstanty porézního materiálu s vlhkostí [1], [6].

Autoři [1] vyvinuli zařízení pro měření rozdělení vlhkosti v půdním profilu. V tom případě se používají válcové elektrody, v jejichž vnějším rozptylovém poli se nachází sledovaná zemina. Uvedené zařízení se jak u nás, tak v zahraničí, již řadu let využívá. Mnohé z komerčně vyráběných dielektrických měřičů vlhkosti pracují na obdobném principu. Pro zkoumání rozdělení v malých vzorcích betonu jsme úspěšně použili dielektrický měřič vlhkosti s cylindrickými elektrodami na nosné izolační trubce s využitím pouze vnitřního pole v dutině válce [2]. Uspořádání elektrod a znázornění svislého řezu jejich elektrostatického pole uvádí obr. 1. Dvě krajní elektrody jsou vzájemně propojeny (viz pravá dolní část obrázku). Kapacita se měří mezi nimi a střední elektrodou.



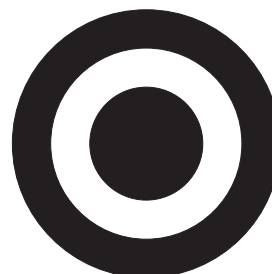
Obr. 1. Rovinný řez ekvipotenciálními plochami pole symetrických válcových elektrod pro dielektrická měření v dutině válce [2]

Vytvářené elektrostatické pole je rotačně symetrické podél osy nosného válce s elektrodami. V tomto případě se měřila časová změna vlhkosti na válcovém vzorku betonu v dutině elektrod. Dielektrický měřič vlhkosti půdy podle [1] využívá naopak rozptylové elektrostatické pole vně válce.

Měření vlhkosti porézních stavebních materiálů je téměř vždy součástí komplexního experimentu, který vede ke stanovení jejich fyzikálních nebo mechanických vlastností, resp. jejich ovlivnění vlhkostí [3]. Proto je velmi důležité konfigurovat měrné elektrody tak, aby byly použitelné pro co nejširší spektrum experimentálních studií. Jako optimální se jeví rovinné (plošné) elektrody s využitím rozptylového pole na jedné, popř. na obou stranách roviny elektrod. Takový typ elektrod lze použít jak pro povrchová měření (příložné elektrody), tak pro zabudování do objektu. Ve druhém případě se k měření využívá pole vybuzevané v obou polovinách elektrod.

Návrh a ověření plošných elektrod

Pro experimentální povrchová měření dielektrickou metodou jsme použili uspořádání s plošnými koncentrickými elektrodami (vnitřní o průměru 28 mm, mezikružní vnější elektrody průměru 41 a 57 mm) podle obr. 2. Střední kruhová elektroda je obklopena mezikružím tvořícím druhou elektrodu otevřeného kondenzátoru, v jehož horním rozptylovém poli (při uspořádání čidla podle obr. 3) se nachází měřený materiál. Vodivé elektrody jsou vytvořeny metodou plošných spojů na nosné sklolaminátové podložce (cuprexitu), která je zároveň chrání od přímého styku s materiálem.



Obr. 2.
Tvar plošných elektrod

Byla zhotovena dvě čidla – jedno s elektrodami na podložce z cuprexitu tl. 0,5 mm, druhé na podložce tl. 1,5 mm. Vnější rozměry elektrod byly zvoleny tak, aby čidlo pokrývalo dno relativně malé nádoby (průměru 60 mm a výšce do 140 mm) pro umístění měřeného materiálu. Popsané uspořádání je výborně jednoduché a umožňuje snadnou výměnu vzorků.

Elektrostatické pole navržených rotačně symetrických elektrod se dá dobře matematicky modelovat. Dále jsou popsány základní výsledky prací, jejichž cílem bylo využitím matematického modelování rozptylového pole měřičích elektrod a experimentálního ověření získaných poznatků odpovědět na otázky spojené s výběrem vhodných měřičích elektrod, tj. efektivního hloubkového dosahu dielektrického čidla a jeho závislosti na rozměrech elektrod, vlivu přídavné izolační vrstvy mezi nimi a měřeným materiálem na dosah a linearitu měření apod. Dalším cílem bylo stanovit kalibrační křivku daného uspořádání a porovnat ji s vypočtenou závislostí změn kapacity čidla na velikosti relativní dielektrické konstanty měřeného materiálu. Získané závislosti byly

využity pro přepočítání naměřených dat na hodnoty aktuální hmotnostní vlhkosti vzorku.

Modelování elektrostatického pole elektrod

Pro matematické modelování rozptylového pole metodou konečných prvků byl použit systém TRICOMP 5.0 firmy Field Precision [4]. Základem je trojice programů Mesh (generátor trojúhelníkové sítě obsahuje též editor pro kreslení návrhu), EStat (program generující hodnoty elektrostatického potenciálu na síti) a VESat (postprocesor pro analýzu hodnot z programu EStat).

Při výpočtu jsme použili dielektrické řešení, tj. všechny materiály v řešeném prostoru považujeme za dobré izolanty se stálými hodnotami relativních dielektrických konstant ϵ_r (v obrázcích označeno jako EPSI), bez prostorového náboje. Ukazuje se, že toto řešení je možno použít stejně dobře i pro méně dokonalé izolanty měřené v oblasti kmitočtů řádu desítek megahertzů, podobně jako v případě našeho dielektrického měřiče vlhkosti, kdy byla ověřena již velmi malá závislost získaných hodnot na vodivosti materiálů při kmitočtu 60 MHz.

Vzhledem k rotační symetrii systému kolem osy, procházející středem elektrod kolmo na jejich rovinu, bylo možno ke zkrácení výpočtu použít speciální Neumannovy podmínky $\delta\Phi/\delta n = 0$ (derivace potenciálu Φ ve směru kolmém k rozhraní je rovna nule, siločáry pole jsou s ním rovnoběžné). Tato podmínka je u metody konečných prvků automaticky splněna na rozhraních s pevně nedefinovaným potenciálem.

Dirichletovy hraniční podmínky definují hraniční body oblastí s pevným potenciálem, tedy např. elektrody (vnitřní $E1$ s potenciálem $\Phi1$ a vnější $E2$ s potenciálem $\Phi2 = 0$ V), nebo hraniční body celého řešeného prostoru, s nulovým potenciálem. Siločáry elektrického pole jsou kolmé k takovýmto ekvipotenciálním povrchům. Pro jednoduchost výpočtu je vhodné definovat hodnotu potenciálu $\Phi1$ např. rovnou 1 V (pro výpočet kapacity to však není podstatné). Po postupném výpočtu programy Mesh, EStat a VESat byly graficky vyneseny informace o vlastnostech elektrického pole (rozložení potenciálu a intenzity pole) a vypočteny objemové integrály energie modelovaného elektrostatického pole.

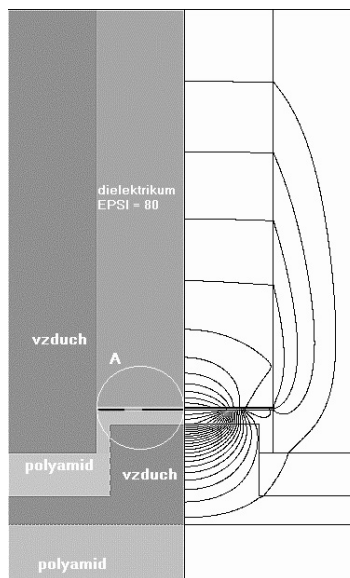
Celkovou kapacitu C [F] daného uspořádání určíme např. z vypočtené energie pole podle vztahu

$$C = 2 W / U^2 ,$$

kde W je celková energie pole [J] a U rozdíl potenciálů elektrod $\Phi1$ a $\Phi2$ [V].

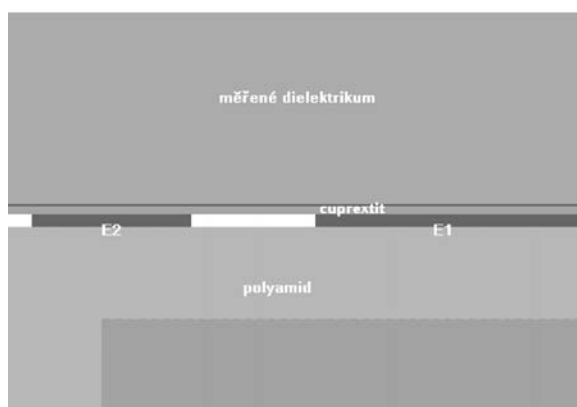
Na obrázku 3 je uveden řez rotačně symetrickým modelem měřicího čidla. Pro úsporu místa jsou v levé části zobrazeny oblasti dielektrik obklopujících elektrody a v pravé části vykreslen již vypočtený tvar ekvipotenciálních ploch modelovaného elektrostatického pole. Dielektrikum nad elektrodami má zde předpokládanou maximální relativní dielektrickou konstantu $\epsilon_r = 80$. Z hustoty ekvipotenciálních ploch nad elektrodami je možno usuzovat na pokles intenzity elektrostatického pole v dielektriku s takto vysokou konstantou (voda). V oblastech nízké dielektrické konstanty krycích materiálů elektrod a pod elektrodami dochází naopak ke zhuštění ekvipotenciálů a ke zvýšení intenzity pole. Detail umístění elektrod je na obr. 4 (vnější elektroda $E2$ měla pro výpočet definován potenciál $\Phi2 = 0$ V, vnitřní $E1$ pak $\Phi1 = 100$ V).

Efektivní hloubku vniknutí elektrostatického pole do měřeného dielektrika neboli jeho **efektivní dosah** můžeme definovat jako tloušťku měřené vrstvy, při níž je dosaženo



Obr. 3. Čidlo – řez rotačně symetrickým modelem

Vlevo jsou různou šedí znázorněny oblasti odlišných dielektrických konstant, černě pak měřicí elektrody $E1$ a $E2$, viz detail A na obr. 4. V pravé části je vykreslen tvar ekvipotenciálních ploch modelovaného elektrostatického pole, kdy dielektrikum nad elektrodami má relativní konstantu EPSI = 80 (voda) a elektrody jsou izolovány vrstvou materiálu tl. 0,5 mm s EPSI = 2,1. Ostatní nosné části čidla mají EPSI = 3,6.



Obr. 4. Detail A řezu uspořádání elektrod z obr. 2.

95% přírůstku kapacity čidla (od počáteční kapacity čidla se vzduchovým dielektrikem, tedy pro EPSI = 1) vzhledem k maximálnímu přírůstku dosaženému postupným zvětšováním tloušťky materiálu do té míry, kdy již nedochází k dalšímu pozorovatelnému navýšení kapacity. Bylo zjištěno, že takto definovaný "dosah" pole není příliš závislý na tloušťce izolační vrstvy kryjící elektrody čidla. Velikost mezery, vytvořené mezi elektrodami a materiálem, se však projeví v **nelinearitě čidel**, tedy odchylce závislosti přírůstku jejich kapacity na rostoucí relativní dielektrické konstantě měřeného materiálu od přímkového průběhu.

Výpočtem matematického modelu pole pro různou tloušťku vrstev dielektrika byl postupně určen přírůstek kapacity čidla od počáteční se vzduchovým dielektrikem a vyjádřen v procentech maximální dosažitelné hodnoty pro danou relativní dielektrickou konstantu (zde byly hodnoty vztaženy k maximální vrstvě dielektrika tl. 99 mm). Výpočet byl proveden pro tři různé konstanty (EPSI = 20, 40, 80) a výsledky (tab. 1) vyneseny do grafů (obr. 5). V pátém sloupci tab. 1 jsou pro porovnání uvedeny hodnoty pro případ, kdy je dielektrikum EPSI = 80 v bezprostředním kontaktu s elektrodami (gap 0). V grafu lze odečíst pro různá EPSI

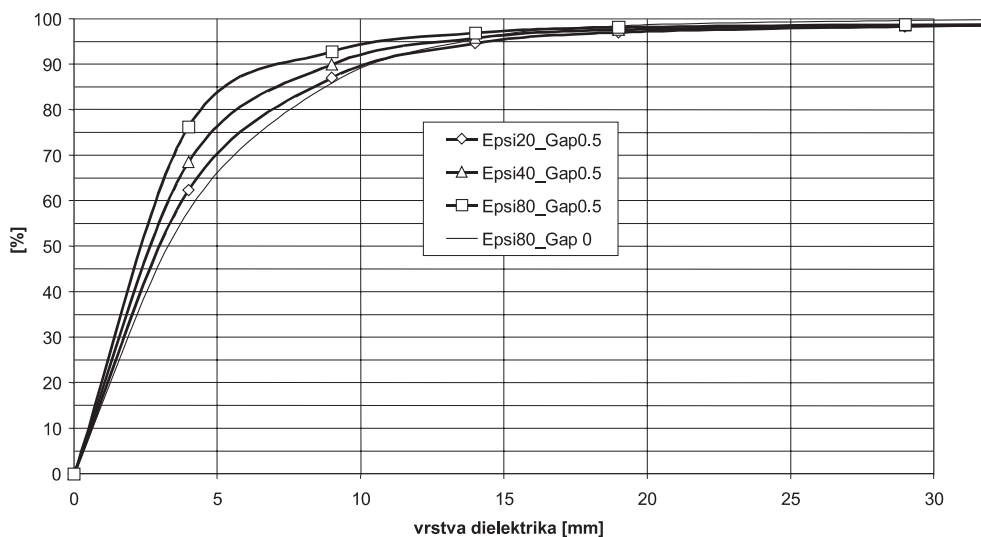
Tab. 1. Změny kapacity čidla č. 1 (s izolační mezivrstvou tl. 0,5 mm) pro různou tloušťku dielektrika

Vrstva [mm]	ΔC [%]			
	Epsi20_Gap0.5	Epsi40_Gap0.5	Epsi80_Gap0.5	Epsi80_Gap0
99	100,00	100,00	100,00	100,00
79	99,63	99,64	99,66	99,73
59	99,39	99,53	99,56	99,69
49	99,3	99,08	99,24	99,69
39	99,02	98,69	98,87	99,69
29	98,35	98,48	98,70	99,54
19	97,03	97,58	98,08	98,43
14	94,61	95,78	96,87	95,47
9	87,04	89,90	92,76	85,87
4	62,30	68,48	76,31	57,83
0	0,00	0,00	0,00	0,00

velikost dosahu pole (pro 95 % z max. dosažitelného údaje) v rozmezí 11 až 15 mm nad elektrody. S dalším zvětšováním vrstvy dielektrika je již přírůstek kapacity minimální, zasažená tloušťka bude tedy pro popsané čidlo (s rozměry podle obr. 1) asi 15 mm. Z průběhu křivek můžeme dále konstatovat, že hloubkový dosah pole měřicího čidla mírně závisí na velikosti dielektrické konstanty materiálu a se zvyšující hodnotou EPSI se snižuje. Dosah čidla je dán jeho uspořádáním a velikostí a lze jej zvětšit v podstatě jen zvětšením elektrod. Závislosti na obr. 5 jsou vypočteny pro rozměry elektrod z obr. 2. Od dielektrika jsou odděleny mezerou 0,5 mm, tvořenou vrstvou materiálu o EPSI = 2,1. Pro porovnání je tenkou plnou čarou uveden průběh pro případ, kdy elektrody jsou ve styku s měřeným materiálem přímo (gap 0).

V grafech na obr. 6 je vynesena vypočtená závislost kapacity pro model čidla 1 s tloušťkou přídatné izolační mezery 0,5 mm (gap 0,5) a čidla 2 (gap 1,5) na relativní dielektrické konstantě (tab. 2). Její lineární průběh platí pro ideální uspořádání čidla bez vložené mezery (v grafu průběh gap 0).

Je uveden nárůst kapacity od hodnoty vypočtené pro vzduchové dielektrikum (počáteční kapacita čidla C_0), který je na obr. 7 pro porovnání vztažen k maximálním hodnotám kapacity daného uspořádání čidel v procentech (pro EPSI = 80). Výpočet byl proveden vždy pro stejný válec dielektrika o průměru 60 mm a výšce 140 mm. Z porovnání průběhů vyplývá, že čidlo 1 vykazuje poněkud lineárnější průběh proti čidlu 2 se silnější izolační vrstvou. Zcela lineární byl průběh bez izolačních vrstev, kdy jsou elektrody v bez-



Obr. 5. Závislost přírůstků kapacity na tloušťce vrstvy materiálu s různou relativní dielektrickou konstantou – čidlo 1

Nelinearitu čidel jsme již kvalitativně definovali jako odchylku nárůstu jejich kapacity s rostoucí relativní dielektrickou konstantou naměřeného materiálu od přímkového průběhu této závislosti. Vzhledem k vysoké dielektrické konstantě vody je pak změna kapacity čidla úměrná též hmotnostní vlhkosti porézního materiálu (viz též dále kalibraci dielektrického měřiče vlhkosti pro písek). Vztah mezi velikostí dielektrické konstanty a kapacitou čidla podstatně ovlivňuje tloušťka nosné izolační destičky (popř. též velikost přídatné vzduchové mezery) vložené mezi elektrodami a měřeným materiálem. Obecně lze konstatovat, že tato mezera vždy způsobuje zakřivení charakteristiky měřicího čidla směrem k vyšším relativním dielektrickým konstantám, a tím i horší rozlišení vysoké hmotnostní vlhkosti materiálů.

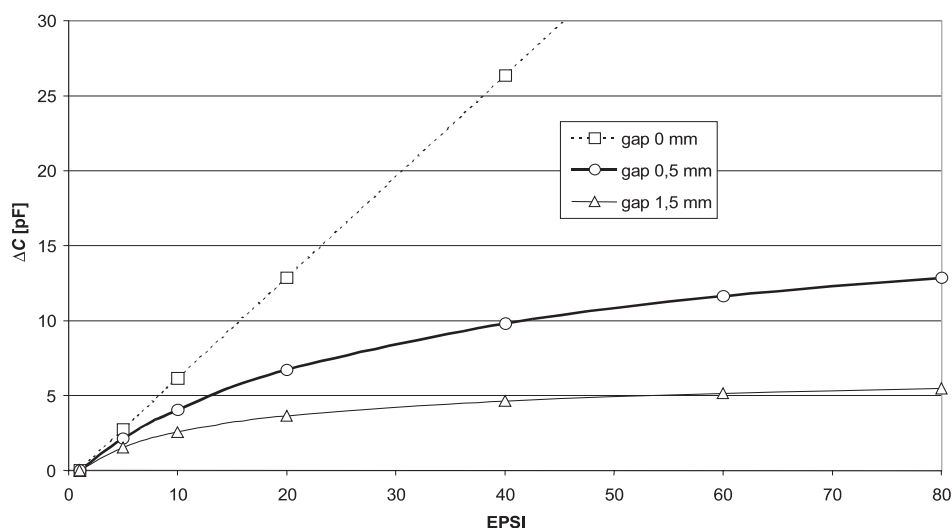
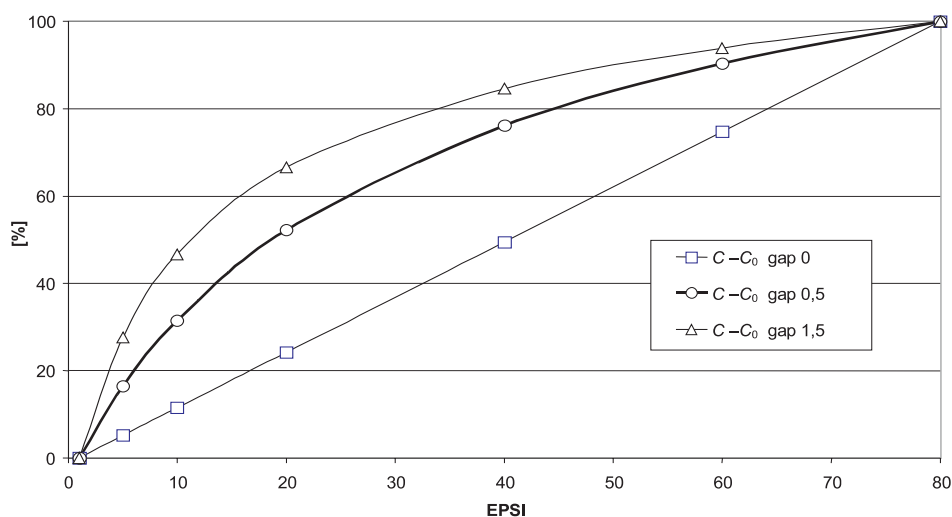
prostředním styku s měřeným dielektrikem (v obrázcích označeno jako gap 0 mm). Nelineární charakteristiku lze však např. po částech aproximovat přímkou, a přihlídnout k ní při kalibraci a výpočtech hmotnostní vlhkosti.

Ověření a kalibrace čidel

Závislost kapacity čidla na relativní dielektrické konstantě měřeného materiálu, získaná numerickým modelem, byla ověřena experimentální kalibrací pro obě uspořádání čidel (izolační mezery 0,5 a 1,5 mm). Jako dielektrikem byl použit vodný roztok dioxanu. Hodnoty relativní dielektrické konstanty roztoku dioxanu a destilované vody při teplotě 20 °C byly převzaty ze [7]. Zjištěné charakteristiky obou

Tab. 2. Vypočtená kapacita čidel pro různé relativní dielektrické konstanty

EPSI	gap 0,5 mm			gap 1,5 mm		
	C	$C - C_0$	$C - C_0$	C	$C - C_0$	$C - C_0$
	[pF]		[%]	[pF]		[%]
80	15,78	12,88	100,00	8,52	5,47	100,00
60	14,54	11,64	90,36	8,19	5,13	93,89
40	12,71	9,82	76,20	7,68	4,62	84,60
20	9,62	6,72	52,20	6,69	3,64	66,52
10	6,95	4,05	31,45	5,60	2,55	46,58
5	5,02	2,13	16,50	4,56	1,51	27,59
1	2,90	0,00	0,00	3,05	0,00	0,00

Obr. 6. Přírůstek kapacity ΔC čidel pro různé EPSI

Obr. 7. Porovnání linearity čidel s různou tloušťkou izolační vrstvy mezi elektrodami a měřeným dielektrikem

čidel (tab. 3, tab. 4) byly vyneseny do kalibračního grafu dielektrického měřiče (obr. 8), který přiřazuje tárovanému naměřenému údaji (po odečtení počátečního čtení na vzduchu) příslušnou hodnotu relativní dielektrické konstanty materiálu. Na vodorovné ose je údaj dielektrického měřiče (přírůstek od čtení na vzduchu), na svislé ose odpovídající velikost relativní dielektrické konstanty materiálu. Závěrem byla data získaná numerickým modelováním elektrostatického rozptylového pole porovnána s experimentálně získanými hodnotami.

Při porovnávání experimentálních (obr. 8) a vypočtených dat (tab. 2) předpokládáme lineární vztah mezi údajem převodníku dielektrického měřiče vlhkosti a měřenou kapa-

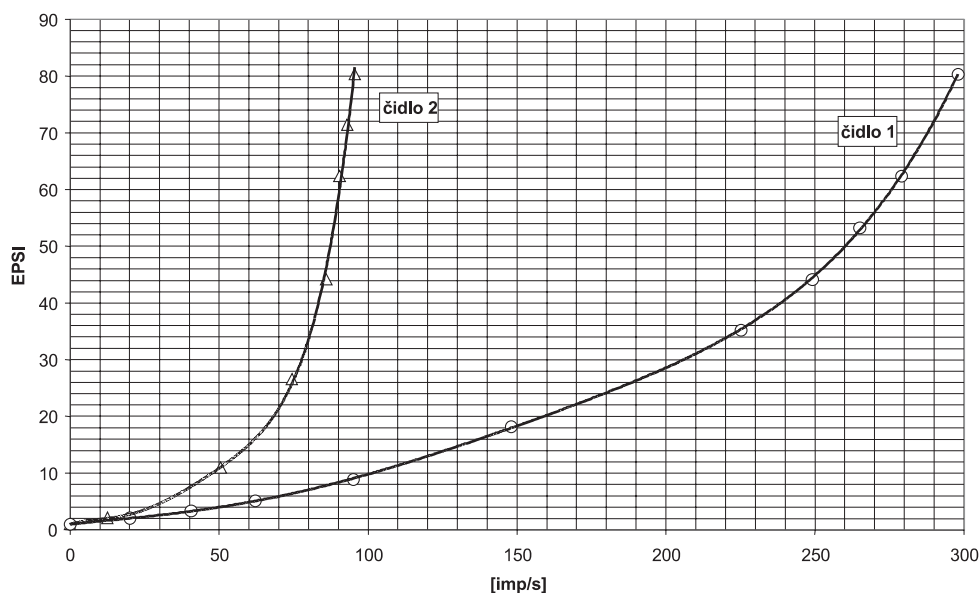
citou čidla. To platí za předpokladu relativně malého (cca 5 %) rozladění měřicího oscilačního obvodu od základní rezonanční frekvence. V obrázku 9 jsou vypočtené a skutečně zjištěné údaje vyjádřeny v procentech hodnot pro maximální uvažovanou relativní dielektrickou konstantu měřeného či modelovaného dielektrika (EPSI = 80). Porovnání modelu a kalibračních hodnot obou dielektrických čidel vykazuje dobrou shodu výpočtu s naměřenými hodnotami. Průběh C odpovídá vypočteným hodnotám (model). Kalibrační hodnoty označené jako *IMP* vyjadřují tárovaný údaj měřiče v impulsích za sekundu přepočtený v procentech jeho maximální hodnoty při EPSI = 80.

Tab. 3. Naměřené hodnoty pro čidlo č. 1 (s mezerou 0,5 mm)

Hmotnostní podíl dioxanu [%]	EPSI rel.	Hodnota		Změna údaje v % max. hodnoty	Rozladění oscilátoru	
		zjištěná	tárovaná		od frekvence 60,5 MHz	relativní [%]
		[imp/s]				
vzduch	1,00	16	0	0,00	0,262	0,43
100,00	2,10	36	20	6,71	0,590	0,97
95,24	3,39	56,5	40,5	13,59	0,926	1,53
90,91	5,14	78	62	20,81	1,278	2,11
83,33	8,94	111	95	31,88	1,819	3,01
70,00	18,20	164	148	49,66	2,687	4,44
60,00	26,60	193	177	59,40	3,162	5,23
50,00	35,25	241	225	75,50	3,949	6,53
40,00	44,19	265	249	83,56	4,342	7,18
30,00	53,30	281	265	88,93	4,604	7,61
20,00	62,38	295	279	93,62	4,833	7,99
10,00	71,43	300	284	95,30	4,915	8,12
0,00	80,37	314	298	100,00	5,145	8,50

Tab. 4. Naměřené hodnoty pro čidlo č. 2 (s mezerou 1,5 mm)

Hmotnostní podíl dioxanu [%]	EPSI rel.	Hodnota		Změna údaje v % max. hodnoty	Rozladění oscilátoru	
		zjištěná	tárovaná		od frekvence 60,5 MHz	relativní [%]
		[imp/s]				
vzduch	1,00	45,5	0,0	0,00	0,745	1,23
100	2,10	58,0	12,5	13,09	0,950	1,57
80	10,99	96,0	50,5	52,88	1,573	2,6
60	26,60	120,0	74,5	78,01	1,966	3,25
40	44,19	131,5	86,0	90,05	2,154	3,56
20	62,38	136,0	90,5	94,76	2,228	3,68
10	71,43	138,5	93,0	97,38	2,269	3,75
0	80,37	141,0	95,5	100,00	2,310	3,82

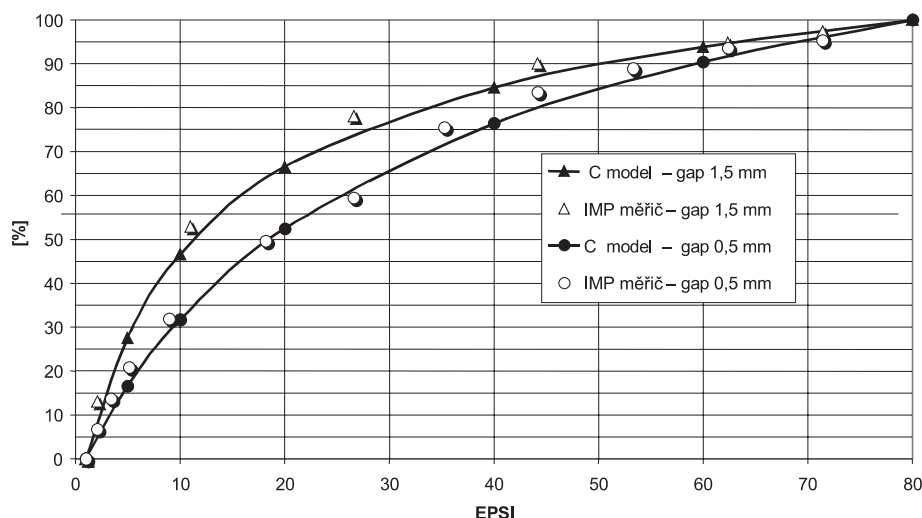


Obr. 8. Kalibrační křivky dielektrického měřiče

Kalibrace dielektrického měřiče vlhkosti pro písek

Dále jsou uvedeny výsledky orientační kalibrace měřících elektrod s čidlem č. 2, při níž byl jako porézní materiál použit jemnozrnný křemenný písek. Vlhkost v rozmezí 0 až 25 % hmot. byla upravena smícháním příslušného hmotnostního podílu písku a destilované vody. Měření probíhalo

při teplotě 20 °C. Pískem příslušné vlhkosti byla do výšky 10 cm, pokud možno homogenně, naplněna nádobka umístěná nad měrným čidlem. Pro danou vlhkost náplně se pak odečítaly výstupní údaje na dielektrickém měřiči vlhkosti [1]. Zjištěná data byla dále převedena v kalibračním grafu (obr. 8) na odpovídající hodnoty relativní dielektrické konstanty.

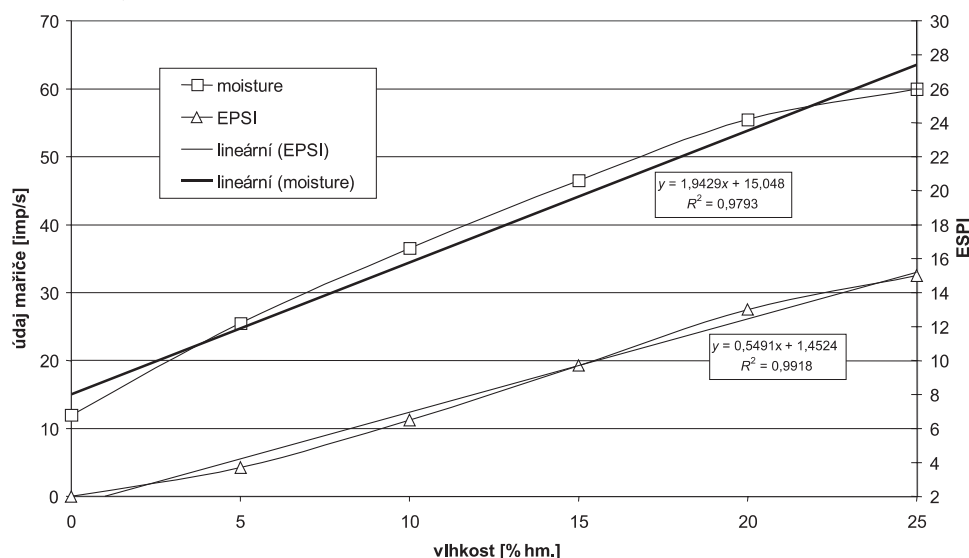


Obr. 9. Porovnání modelu a kalibračních hodnot obou čidel

Výsledky jsou uvedeny v grafické podobě na obr. 10. Horní průběh zachycuje závislost naměřeného údaje na vlhkosti písku (moisture). Pod ním je odpovídající závislost relativní dielektrické konstanty (EPSI). Měření potvrzuje přímkovou závislost údaje dielektrického měřiče na hmotnostní vlhkosti daného porézního materiálu. Hodnoty relativních dielektrických konstant křemičitého písku se pro vlhkost 0 až 25 % hm. pohybovaly mezi 2 až 15 (při popsané ověřovací kalibraci nebyla statisticky stanovena nejistota měření).

příložné, tj. s měřeným dielektrikem umístěným asymetricky pouze na jejich jedné straně, nebo jako oboustranné, tj. s využitím celého symetrického rozptylového pole elektrod zapařených v různých úrovních vzorku. Aplikace dielektrické metody měření vlhkosti s využitím odvozených závislostí je dalším krokem při studiu fyzikálních vlastností betonu, popř. jiných stavebních materiálů.

Článek je součástí řešení projektů č. 103/04/1291 GA ČR a VZ MSM 6840770005.



Obr. 10. Kalibrace dielektrického měřiče vlhkosti pro křemičitý písek

Závěr

Cílem popisovaného postupu bylo ověření matematického modelu pro elektrické pole plošných elektrod, navrhovaných jako čidlo pro měření vlhkosti porézních materiálů. Z porovnání průběhu, vypočteného z matematického modelu, a z rozptylu kalibračních hodnot čidel je patrná velmi dobrá shoda výsledků potvrzující oprávněnost předpokladů pro návrh čidel. Výsledky ukázaly poměrně dobrou linearity v oblasti měřených hodnot vlhkosti. Pro navržené uspořádání elektrod je hloubkový dosah měření cca 15 mm, jeho zvýšení lze dosáhnout zvětšením jejich plošných rozměrů.

Kalibrace čidel pro písek jako měřené dielektrikum prokazuje použitelnost elektrod a lineární průběh závislosti čtení přístroje na vlhkosti materiálu. Získané poznatky budou dále využity při měření vlhkosti betonových vzorků v průběhu hydratace. Elektrody budou použity buď jako

Literatura

- [1] Kuráž, V. – Matoušek, J. – Matoušek, M. – Mazánek, J.: Využití dielektrické metody pro měření vlhkosti půdy. *Stavební obzor*, **8**, 1999, č. 4, s. 111–115.
- [2] Kuráž, V. – Matoušek, J. – Litoš, J.: Měření vlhkosti betonových vzorků dielektrickou metodou. *Stavební obzor*, **9**, 2000, č. 2, s. 51–54.
- [3] Hošek, J. – Vítek, J. – Kuráž, V. – Litoš, J. – Matoušek, J.: Teplotní a objemové změny samozhutitelného betonu měřené na velkorozměrových modelech. *Beton*, **2**, 2001, č. 6, s. 35–39.
- [4] Manuály fy Field Precision, <http://www.fieldp.com>
- [5] Kuráž, V.: Měření v půdní fyzice. [Habilitační práce], FSV ČVUT, Praha, 1990.
- [6] Paltineanu, I. C. – Starr, J. L.: Real-Time Soil Water Dynamics Using Multisensor Capacitance Probes: Laboratory Calibration. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, Vol. 61, 1997, No. 6, pp. 1585–1585.
- [7] Brož, J. a kol.: *Základy fyzikálních měření II (B)*. Praha, SPN 1974.

Kuráž, V. – Matoušek, J.: Results of Numerical Modelling and Experimental Verification of Plate Electrodes for the Dielectric Moisture Content Measurement

The submitted study is aimed to propose plate electrodes for the dielectric moisture content measurement. The results of the distribution of the electrical field of the electrodes were experimentally confirmed, using a numerical model. The following calibration proved the linearity of the calibration curve in the whole range of the moisture content.

Kuráž, V. – Matoušek, J.: Prüfung flacher Elektroden für die dielektrische Messung der Feuchtigkeit poröser Materialien

Inhalt der vorliegenden Studie ist der Entwurf von flachen Elektroden für die Messung der Feuchtigkeit poröser Materialien mit der dielektrischen Methode. In der Arbeit wurde ein numerisches Modell für die Modellierung der Verteilung des elektrischen Feldes verwendet. Die Ergebnisse wurden experimentell überprüft. Die nachfolgende Kalibrierung des dielektrischen Messgeräts mit flachen Elektroden hat die lineare Abhängigkeit im gesamten Feuchtigkeitsbereich nachgewiesen.

Dům techniky Plzeň, s. r. o.
Sdružení výrobců kompozitů ČR
spolu s odbornými organizacemi
pořádají

XXIII. mezinárodní konferenci **VYZTUŽENÉ PLASTY**

24. – 26. května 2005
Karlovy Vary

Cílem konference je seznámit účastníky s nejnovějšími poznatky z oblasti výzkumu, vývoje, zpracování a aplikací.

Tematické zaměření:

- epoxidové systémy a kompozity
- vyztužené termoplasty – materiály, technologie, aplikace
- kompozity ve stavebnictví a infrastruktuře – stavební dílce, polymerbeton apod.
- kompozity v transportní technice
- nové postupy dimenzování a zkoušení konstrukčních prvků
- ekologická problematika při zpracování a použití

Zvláštní sekci budou tvořit firemní prezentace. Jednácími jazyky jsou čeština, slovenština, angličtina, němčina – simultánní překlad zajištěn. V rámci konference bude uspořádána technická výstava surovin (pryskyřice, vyztuže a pomocné materiály), zpracovatelských strojů, zkušebních zařízení a výrobků.

Informace:

Dům techniky Plzeň, s. r. o., paní Věra Budárková,
sady Pětatřicátníků 6,
303 40 Plzeň, tel.: 377 224 816, fax: 377 237 115,
e-mail: dumtech@mybox.cz

• dizertace



Konstrukční a materiálová analýza funkcionalistických staveb a metodika jejich obnovy

Ing. Klára Witzanyová – Kroftová

Dizertace formuluje důsledky vad a příčiny poruch funkcionálních staveb, které mají kořeny především v oblasti stavební fyziky. Situace se demonstruje na konkrétních stavbách. V závěru jsou formulovány zásady a metodika obnovy a rekonstrukce těchto staveb pro různé památkové kategorie.

Hydrologický význam středověkých plužin

Mgr. Tomáš Bayer

Dizertace se zabývá stabilitou krajinného systému a hydrologickými aspekty plužin a navrhuje systémový přístup k řešení této problematiky. Jde o vědecký přínos v oboru aplikované a krajinné ekologie.

Vlastnosti vysokohodnotných betonů vyrobených s přísadami karboxyléterů a mikroplniv

Ing. Andrej Michalko

V práci se studuje vliv superplastifikátoru a čtyř druhů mikroplniv na pevnost a přetvárné vlastnosti šesti druhů betonu. Jsou popsány vztahy mezi statickými a dynamickými moduly pružnosti a vztahy mezi pevností a statickým modulem pružnosti.

Experimentální hodnocení budov z hlediska přerušovaného vytápění

Ing. Malila Noori

Dizertace se zabývá teoretickými základy problematiky vytápění a vývojem tepelně technických požadavků na stavební konstrukce. Teoretické poznatky se opírají o software Stabilita 2004 a jsou konfrontovány s výsledky měření v pěti typech panelových domů s rozdílným materiálově konstrukčním řešením.

Vícekriteriální optimalizace ve znalecké činnosti

Ing. Jaroslav CHOVANEC
VUT – Fakulta stavební
Brno

Příspěvek se zabývá využitím matematické optimalizace ve znalecké činnosti v oboru ekonomika ve stavebnictví a oceňování nemovitostí.

Úvod

Znaleckou činností autor článku rozumí obecně činnost vyžadující zvláštní způsobilost řešitele v oblasti stavebnictví, ekonomiky, a zejména oceňování stavebních objektů. Nezbytným předpokladem je alespoň základní znalost matematické optimalizace a optimalizačních metod. Řešitel musí být schopen posoudit získané údaje z hlediska proveditelnosti (feasibility), efektivnosti a rozhodnout o možnosti jejich uplatnění v daném úkolu. Většina rozhodnutí vychází z několika variant, tvořených určitými vstupů. Pro co nejlepší rozhodnutí vzniká potřeba optimalizovat je, a tak zvolit nevhodnější variantu.

Rozhodnutím se rozumí zvolení jedné z potenciálně realizovatelných variant. V ekonomice se zpravidla požaduje, aby akt rozhodnutí vedl k volbě v jistém smyslu optimální. Nejobtížnějším krokem rozhodovacího procesu je právě ta jeho část, v níž je nutné objasnit, co lze v dané situaci považovat za optimální. Různé skupiny osob dávají přednost různým důsledkům rozhodnutí a pro posouzení optimálnosti rozhodnutí se pak nabízejí různá kritéria. Kvalifikovaný řešitel by měl umět převést rozhodování v podmínkách střetu zájmů z oblasti emocionální do oblasti logicko-analytické. Otázka, co je v dané situaci optimální, úzce souvisí s tím, podle jakých kritérií je nutné posuzovat důsledky rozhodnutí. Ani v případě, že se podaří seznam odpovídajících kritérií sestavit, ať už s využitím znalostí expertů, či individuální introspekci, není problém zdaleka vyřešen. Kromě seznamu kritérií nepřímou formulující cíl rozhodovací analýzy je nutné mít k dispozici i seznam (množinu) variant, z nichž rozhodnutí vybíráme. Případy, kdy je k dispozici jednoznačně definovaný seznam potenciálních variant, jsou spíše výjimkou než pravidlem. Tento seznam může být zadán explicitně jako výčet konečného počtu možností, nebo implicitně specifikací podmínek, které musí rozhodovací varianta splňovat, aby mohla být považována za přípustnou. Ani v této etapě rozhodovacího postupu se zpravidla nelze vyhnout subjektivním vlivům, případně zjišťování mínění expertů či zadavatele úlohy. Je-li k dispozici seznam kritérií i seznam rozhodovacích variant, je nutné uvážít, jakou formu by konečné rozhodnutí mělo mít. Trváme-li na tom, že je skutečně nutné vybrat jedinou optimální variantu určenou k realizaci, měli bychom připustit, že v typických případech chceme z nespolehlivých a nedostatečných informací vytěžit něco, co v nich téměř jistě není obsaženo.

Speciálním případem takto formulované úlohy je požadavek seřadit rozhodovací varianty podle pořadí v souladu s tím, jak se přibližují představě varianty optimální. Blíže subjektivnímu rozhodování bude mít postup, při němž množinu přípustných variant rozdělíme na dvě části, a to na varianty vysloveně špatné a na ty, které přicházejí v úvahu. Někdy je takováto dichotomie množiny přípustných variant

vyhovujícím konečným výsledkem (např. při hodnocení alokačního koeficientu při optimalizaci ploch na vyhovující a nevyhovující). Jinak je vhodné uvážit, zda má smysl extrahovat z dostupných informací další znaky, které by umožnily množinu vyhovujících variant dále prosévát, anebo, zda je lepší variantu určenou k realizaci vylosovat. Úvahy o možnosti výběru optimální varianty v situaci vícekriteriálního posuzování důsledků značně závisí na možnosti jejich kvantifikace podle jednotlivých kritérií. Důvěra ve vypovídací schopnost kvantitativních údajů je do značné míry věc tradice či místní zvyklosti. Domnívat se, že od samého počátku kvantitativní údaj o rozpočtových nákladech na velkou stavbu má výrazně vyšší vypovídací hodnotu než subjektivně přidělená známka, není moc rozumné. Velké stavby, u nichž se rozpočtované náklady skutečně dodržely, jsou spíše výjimkou.

Nutnost respektovat při rozhodování různá a často protichůdná kritéria je zmiňována již v nejstarších dochovaných filozofických textech. V souvislosti s ekonomickými úvahami poprvé explicitně formuloval problém vícekriteriálnosti při posuzování stavu ekonomických systémů italský ekonom a sociolog Vilfredo Pareto (kolem r. 1896) [2]. Odtud se také odvozuje později zavedený termín paretovska optimálnost nebo paretovska hranice, označující jistý druh optimálnosti ve vícekriteriálních úlohách.

Jeden z problémů rozhodování spočívá v nutnosti brát v úvahu množství někdy vzájemně protichůdných hledisek. Tato potřeba vedla k rozvoji teoretických metod a uplatňování složitých rozhodnutí [3], [4]. Rozhodnutím budeme dále rozumět výběr varianty nebo některé podmnožiny z dané množiny variant. Příkladem může být výběr porovnávacího objektu při stanovení porovnávací hodnoty z množiny všech v úvahu přicházejících objektů. Rozhodovacím kritériem (charakteristikou) rozumíme v širším smyslu pravidlo porovnávání variant. Předpokládá se tedy existence rozlišovacího znaku nebo množiny znaků sladěných tak, aby bylo možné varianty porovnat, popř. uspořádat. Složitost reálné situace má však za následek, že rozhodování podle jediného kritéria nestačí. Složitým rozhodnutím nazýváme proto rozhodnutí, kdy neexistuje pouze jediné, ale celá množina rozhodovacích kritérií [2]. Předpokládá se tedy, že každá varianta je charakterizována konečnou množinou různých kritérií (charakteristik), podle nichž je nutné varianty hodnotit.

Použití vícekriteriální optimalizace se nabízí v různých oblastech znalecké činnosti. Výběru z více variant je řešitel vystaven např. při optimalizaci využití plochy v objektu, při navrhování využití objektu, při zjišťování jeho opotřebení nebo obvyklé ceny objektu, při výběru varianty ocenění atd. V příspěvku je nastíněna možnost dalšího využití ve znalecké činnosti, tentokrát k optimalizaci nemovitostních portfolií, způsobu nakládání s nemovitým majetkem a využití plochy objektu.

Vícekriteriální optimalizace nemovitostních portfolií

Způsob nakládání s nemovitým portfoliem a optimalizace využití užitné plochy se týká větších subjektů, které vlastní nebo mají v pronájmu více objektů. Jde především o spo-

lečnosti podnikající v několika regionech, popř. v celé republice. Tyto objekty, ať již jde o administrativní, nebo výrobní budovy, slouží k umístění jejich výrobních zdrojů (pracovní síly, stroje, zařízení atd.) nebo prostředků pro poskytování služeb. V souvislosti s technickým pokrokem, který s sebou nese snahu o neustálé zmenšování užitečných ploch, výrobních zařízení a snižování nákladů, dochází k opouštění objektů nebo jejich částí. Cílem je snížit výrobní náklady, jindy modernizace výrobních zařízení nevyžadujících takové prostory jako jejich předchůdci. V současné době jsou vlastníci nemovitostních portfolií postaveni před problémem, co si počít s nadimenzovanými objekty a prostory. Znalci se pak na základě informací od zadavatele mají prostřednictvím výstupu optimalizace vyjádřit k efektivnímu využití jednotlivých objektů. Mají stanovit využití užitečné plochy pomocí alokačního koeficientu, využití objektu v procentech, navrhnout varianty řešení, provést optimalizaci po zadání vstupních údajů, vyhodnotit ji a specifikovat závěrečná doporučení. Součástí optimalizačního výstupu bývá obecný popis objektu, jeho polohy, lokality a realitního trhu. Často je vyžadováno také stanovení tržní hodnoty objektu a výnosů z jeho pronájmu zvlášť.

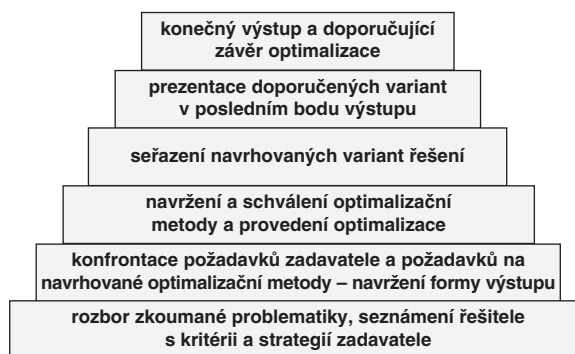
Zadavatel musí řešiteli poskytnout všechny důležité údaje k objektům. Je na něm, aby se vyjádřil k jednotlivým kritériím výběru, tj. určit jejich konečný výčet a stanovit jejich důležitost v rámci celku, s potřebným komentářem. Od znalce-řešitele se očekává zvolení vhodné metody, navržené a vyhodnocené variant a doporučení efektivního řešení. Čím více informací od zadavatele řešitel získá, tím přesnější je výsledek optimalizace a lépe odpovídá strategii zadavatele. Optimalizaci je nutno chápat jako dynamický proces, v jehož průběhu vznikají požadavky na doplňující informace, vyvolané specifickými podmínkami jednotlivých objektů. Za rozhodovací kritéria je možné považovat:

- využití užitečné plochy v podobě alokačního koeficientu;
- náklady spojené s užíváním nemovitosti, tj. na provoz, údržbu, opravy, pojištění, daň z nemovitosti, náklady na správu, zabezpečení, ochranu, popř. další služby;
- obsazenost objektu personálem, popř. technickým zařízením a vybavením;
- technický stav a stáří objektu;
- polohu objektu v rámci místa, kraje nebo regionu;
- důležitost objektu v návaznosti na záměr využití;
- specifika realitního trhu v daném místě, především výši nájemného, poptávku a nabídku podobných nemovitostí, kupní sílu místních obyvatel;
- okolní zástavbu a zájem majitelů okolních nemovitostí;
- velikost objektu a jeho stavebně technické provedení;
- další kritéria, která mohou vznikat při optimalizaci podle specifikace jednotlivých nemovitostí.

Při řešení optimalizačního problému nakládání s nemovitým portfoliem a při navrhování možných doporučení přichází v úvahu několik variant. Výsledkem může být doporučení k vhodnějšímu uspořádání personálu, technického zařízení nebo strojů v rámci objektu, uvolnění části objektu a připravení na pronájem. Tato varianta je možná u nemovitostí, které dispozičním řešením umožňují současný provoz stávajícího vlastníka i nových nájemců. Obvykle bývají nutná dodatečná stavební či bezpečnostní opatření k zajištění souběžného provozu majitele i nájemce objektu. V případech, kdy dispozice a vnitřní uspořádání nosných i nenosných konstrukcí tyto úpravy neumožní, je možné plochu pronajmout jen za podmínek, které stanoví majitel.

Další variantou je prodej objektu a přemístění provozu do jiné nemovitosti. Potom odpadají náklady na jeho správu, provoz, opravu a údržbu, pokud nedojde k přesunu do jiného vlastního objektu. V takovém případě je výhoda možné spatřit v parametrech nového objektu, který by měl odpovídat aktuálním požadavkům na kapacitu výrobních či provozních zdrojů. Další možností je prodej objektu a zpětný pronájem nezbytně nutných ploch. Správa objektu pak přechází pod jiný subjekt, zůstává současná poloha a dochází k optimálnějšímu využití ploch. Jinak tomu je u objektů, které nejsou ve vlastnictví zadavatele. Okolnosti nájmu, popř. podnájmu, se musí řešit individuálně. Postup bude podobný jako u vlastních objektů, je možné navrhnout vhodnější uspořádání pracovních či technických kapacit, přesunout výrobní zdroje či personál. V tomto případě vstupuje do optimalizačního procesu také pronajímatel objektu a specifika nájemní smlouvy mohou výrazným způsobem ovlivnit závěrečné doporučení. S pronajímatelem je nutné řešit případné snížení výměry pronajatých ploch, dobu nájmu, popř. výpověď nájemní smlouvy, což se někdy neobejde bez právní expertizy konkrétních podmínek.

Výstupem optimalizace bývá většinou formulář, který obsahuje konkrétní údaje, popř. odkazuje na místa, kde je další podklady možné získat. Je vhodné, aby na jeho tvorbě spolupracoval zadavatel s řešitelem. V této fázi je nutné všechny požadavky zadavatele konfrontovat s navrhovaným řešením. Každý zvolený postup s sebou nese specifické potřeby na formu výstupu, proto je vhodné pro různé varianty řešení navrhnout různé formy výstupu. Zadavatel potřebuje mít výsledné doporučení optimalizace k dispozici pro následné rozhodnutí. Výsledek optimalizace mu má být nezávislým vodítkem a nápovědou, pro jakou variantu se rozhodnout. Řešitelem optimalizace musí být v tomto případě osoba znalá stavebnictví a ekonomiky, především pak oceňování nemovitostí a soudního inženýrství. Není nutné, aby řešitel byl soudním znalcem, protože ani samotný výstup nemá plnit funkci znaleckého posudku, jde o doporučující řešení.



Obr. 1. Optimalizační pyramida

V konečné fázi optimalizace zůstává výběr varianty na zadavatel. Pokud nedošlo k doplňkům nebo změnám v hodnocení variant a zpracovaná doporučení respektují strategii zadavatele, odráží výsledek optimalizace nezávislý pohled na danou problematiku věrohodně. Postup řešení je znázorněn optimalizační pyramidou na obr. 1.

Kritériální matice

V úlohách vícekritériálního hodnocení variant (dále ÚVHV) má množina rozhodovacích variant, kterou budeme značit A , konečný počet prvků. Po úvodních úkonech, spočívajících v určení hodnotících kritérií a metody získání kvantitativních údajů o hodnotách těchto kritérií pro jednotlivé

Tab. 1. Aplikace vícekritériální matice

Kritéria	Varianty	Reprodukční hodnota					Výnosová hodnota		Porovnávací metoda (srovnávací, komparační)					
		cenová kalkulace	položkový rozpočet	agregované položky	přepočtené ceny THU	vyhláškou	vyhláškou	dle skutečnosti na trhu	vyhláškou	podle Klimeše	podle neupravené jednotkové ceny	podle standardní jednotkové ceny	prosté porovnání	
c		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
vlastní stavba	stavební práce – z hlediska kvality	0,99	0,98	0,95	0,85	0,95	0,20	0,20	0,65	0,69	0,69	0,69	0,55	
	stavební práce – z hlediska kvantity	0,99	0,98	0,95	0,90	0,95	0,20	0,20	0,55	0,40	0,40	0,32	0,36	
	kvalita použitého materiálu	0,99	0,98	0,95	0,90	0,95	0,55	0,55	0,60	0,25	0,25	0,20	0,23	
	kvantita použitého materiálu	0,99	0,98	0,95	0,90	0,95	0,55	0,55	0,55	0,20	0,20	0,16	0,18	
	aktuálnost materiálu	0,98	0,96	0,91	0,79	0,91	0,60	0,60	0,60	0,20	0,20	0,16	0,18	
	kvalita vybavení stavby	0,95	0,89	0,76	0,48	0,76	0,55	0,55	0,55	0,20	0,20	0,16	0,18	
	kvantita vybavení stavby	0,95	0,89	0,76	0,48	0,76	0,55	0,55	0,60	0,15	0,15	0,12	0,14	
výnosy z pronájmu	0,09	0,07	0,05	0,03	0,05	0,99	0,99	0,01	0,10	0,10	0,08	0,09		
příslušenství stavby	velikost stavebního pozemku	0,90	0,78	0,53	0,50	0,53	0,65	0,65	0,02	0,75	0,75	0,60	0,68	
	další příslušející pozemky	0,99	0,98	0,95	0,90	0,95	0,90	0,90	0,02	0,65	0,65	0,52	0,59	
	kvalita půdy	0,60	0,50	0,45	0,40	0,45	0,35	0,35	0,02	0,70	0,70	0,56	0,63	
	velikost zahrady	0,90	0,78	0,53	0,45	0,53	0,90	0,90	0,02	0,45	0,45	0,36	0,41	
	využití zahrady	0,45	0,35	0,30	0,25	0,30	0,40	0,40	0,02	0,40	0,40	0,32	0,36	
	garáž	0,90	0,78	0,53	0,40	0,53	0,55	0,55	0,25	0,60	0,60	0,48	0,54	
	další příslušející stavební objekty	0,99	0,98	0,95	0,90	0,95	0,85	0,85	0,25	0,65	0,65	0,52	0,59	
okolí stavby	životní prostředí	0,09	0,08	0,05	0,03	0,05	0,65	0,65	0,45	0,75	0,75	0,60	0,68	
	přírodní lokalita	0,09	0,08	0,05	0,03	0,05	0,55	0,55	0,35	0,80	0,80	0,64	0,72	
	tvár terénu	0,09	0,08	0,05	0,03	0,05	0,55	0,55	0,20	0,55	0,55	0,44	0,50	

rozhodovací varianty, lze ÚVHV charakterizovat kritériální maticí. Sloupce odpovídají kritériím (f) a řádky hodnoceným variantám (a). Označíme-li prvky y_{ij} , $i = 1, 2, \dots, p$, $j = 1, 2, \dots, k$, můžeme kritériální matici [1] zapsat ve tvaru

$$\begin{matrix}
 & f_1 & f_2 & \dots & f_k \\
 \begin{matrix} a_1 \\ a_2 \\ \dots \\ a_p \end{matrix} & \begin{bmatrix} y_{11} & y_{12} & \dots & y_{1k} \\ y_{21} & y_{22} & \dots & y_{2k} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ y_{p1} & y_{p2} & \dots & y_{pk} \end{bmatrix} & .
 \end{matrix}$$

Budeme-li aplikovat její obecnou formu na konkrétní oblast znaleckého oceňování, nastane problém stanovení vhodných kritérií a vah. Autor článku se zabýval sestavením kritériální matice jako pomůcky pro stanovení obvyklé ceny objektu a stanovením vhodných kritérií pro posouzení jednotlivých metod oceňování. Navrhl matici, ve které sloupce tvoří jednotlivé varianty (způsoby) zjištění ceny stavebního objektu a řádky kritéria pro poměrování jednotlivých variant. Následně se varianty porovnály podle všech kritérií a na základě odborného úsudku a konzultace s odborníky stanovily váhové hodnoty. Tyto hodnoty se pohybují v intervalu (0, 1). Hodnoty bližší jedné vypovídají o tom, že dané kritérium je ve zvolené metodě více zohledněno. Naopak hodnoty blízké nule informují, že dané kritérium je zohledněno méně, nebo dokonce vůbec. Navrhování vah se řídí matematickými principy a odpovídá míře, kterou je kritérium zohledněno v konkrétní variantě. Jinými slovy, nakolik konkrétní varianta splňuje zadané kritérium.

Výsledkem tohoto postupu je kritériální matice s váhovými hodnotami, v níž jsou zohledněny dílčí výsledky posuzování a zkoumání právě váhových hodnot pro stanovení obvyklé ceny objektu. Váhové hodnoty budou použity do výpočtu váženého průměru výsledků jednotlivých metod ocenění.

Závěr

Váhy stanovené u ostatních kritérií budou podrobeny další optimalizaci s cílem vyhodnotit metody oceňování. V konečné fázi bude na základě analýzy navržen optimální poměr cen s určením jejich vlivu na obvyklou hodnotu stavebního objektu. Výsledkem bude stanovení vah při výpočtu obvyklé ceny váženým průměrem, popř. navržení metody nové, kterou bude možné porovnat se stávajícími metodami. V kritériální matici je možné jej zapsat buď jako jednu variantu, která je podle daného způsobu řešení optimální, nebo varianty seřadit podle optimálnosti. Vytvořený návod může pomoci znalcům nalézt vhodnou metodiku pro zjištění obvyklé ceny staveb.

Literatura

- [1] Fiala, P.: Vícekritériální rozhodování. Praha, VŠE 1994, 316 s.
- [2] Brožová, H.: Modely pro vícekritériální rozhodování. Praha, Credit 2003.
- [3] Píšková, V.: Vícekritériální hodnocení variant 1. Praha, Výzkumný ústav výstavby a architektury 1993.
- [4] Gros, I.: Kvantitativní metody v manažerském rozhodování. Praha, Grada 2003.

Chovanec, J.: Multicriterial Optimization of Expert Activity

This paper deals with the application of mathematical optimization in expert activity in the field of economics in the building industry and real estate valuation.

Chovanec, J.: Mehrkriterienoptimierung bei der Sachverständigentätigkeit

Der Beitrag behandelt die Anwendung der mathematischen Optimierung in der Sachverständigentätigkeit im Fach Ökonomie im Bauwesen und bei der Immobilien-Wertermittlung.

Zkoušky ručního laserového dálkoměru DISTO pro²

Ing. Jaroslav CHLUP
 ČVUT – Fakulta stavební
 Praha

V článku je věnována pozornost přesnosti měření délek ručním laserovým dálkoměrem DISTO pro² a ověření údajů uváděných výrobcem. Dále je popsán vliv teploty prostředí a stočení cílové plochy na měřenou vzdálenost, což můžeme klasifikovat jako projev vnějších podmínek, které není možné ovlivnit. Je zmíněna přesnost určení nepřístupné výšky objektu nebo jeho svislého dílčího rozměru či přesnost horizontálního úhlu vypočteného z měřených vodorovných délek stran v trojúhelníku.

nějším. Dálkoměr dále nabízí různé aplikační funkce, pomocí nichž je možno kromě délek zprostředkovaně určovat např. i výšky a úhly.

Výrobce laserového dálkoměru DISTO pro² definuje teplotní rozsah pro měření -20 až +40 °C, ale vliv teploty na měřenou vzdálenost není uveden. Z tohoto důvodu je jeden odstavec věnován této problematice. Dalším úkolem bylo zjistit vliv horizontálního a vertikálního stočení cíle na měřenou vzdálenost, protože většina bodů není obvykle umístěna na ploše kolmé k paprsku dálkoměru. Působení vnějších podmínek je možné jen těžko ovlivnit. Přitom je třeba vědět, co můžeme od těchto změn (vlivů) očekávat.

Úvod

Moderní geodetické přístroje se neustále zdokonalují, elektronizují, a stávají se tak téměř dokonalými, ale na druhou stranu tak trochu „velkou neznámou“. Výrobce mnohdy neuvádí přesný princip přístroje a uživateli nabízí pouze návod k jeho ovládání a jeho základní přesnost. Zpravidla však vůbec nezmiňuje, za jakých podmínek je možné určité přesnosti dosáhnout, což by měl být nejdůležitější faktor při rozhodování o vhodnosti použití přístroje. Uživateli tedy nezbyvá v podstatě nic jiného než přístroj přezkoušet nebo důvěřovat výrobcem. Na našem trhu je k dispozici početná skupina oblíbených ručních laserových dálkoměrů pro měření krátkých délek ve stavebnictví, některé z nich uvádí tab. 1.

Tab. 1. Laserové dálkoměry

Výrobce	Měřicí jednotka	Bosch	HILTI	Leica	Topcon
typ	–	DLE 30	PD 28	DISTO	EM-30
vlnová délka	[nm]	625	635	635	645
třída bezpečnosti	–	II	II	I	II
přesnost	[mm]	3	3	1,5 až 5,0	3
dosah	[m]	0,3 až 30	0,3 až 100	0,3 až 150	0,2 až 20
hmotnost	[g]	480	320	670	360

Pro další ověření byl vybrán model DISTO pro² firmy Leica (obr. 1), která tento typ přístrojů uvedla na světový trh a jejíž výrobky, dnes již páté generace, patří k nejrozšíře-



Obr. 1. Dálkoměr DISTO pro²

Vliv teploty na měřenou vzdálenost

K ověřování vlivu teploty na délku měřenou dálkoměrem DISTO pro² byla vytyčena základna dlouhá 140 m. Body byly stabilizovány nastřelovacími hřebíčky v chodníku:

- v úseku 0 až 30 m po 5 m,
- v úseku 30 až 80 m po 10 m,
- v úseku 80 až 140 m po 15 m.

Ke zjištění délky byly použity ověřené totální stanice vyšší přesnosti Leica TC1700 a Leica TC1800, jejichž režim obsluhy umožňuje zadat aktuální atmosférickou teplotu a tlak. Poté se již automaticky na displeji indikuje vodorovná vzdálenost. Na bodech základny byly pomocí teodolitu centrovány stativy s podložkami Zeiss s očekávanou přesností 0,5 mm. V podložkách se při neměnném postavení stativů střídaly odrazný hranol, tzv. průmyslový měřicí Zeiss, používaný s totální stanicí Leica, a cílový terč přístroje DISTO pro². Pro vyloučení součtových konstant hranolu a terče bylo voleno postavení měřících přístrojů v prodloužení základny před počátkem, takže úsek byl získán jako rozdíl dvou vodorovných délek. Základna byla opakovaně totální stanicí i laserovým dálkoměrem DISTO pro² měřena celkem šestkrát za výrazně odlišných teplot (0 až 20 °C), jasů a směru osvětlení a proudění vzduchu.

Pro posouzení vnitřní přesnosti byla využita nadbytečná měření, neboť všechny délky byly měřeny více než jednou. Ze získaných délek můžeme pro každou vzdálenost vypočítat aritmetický průměr $\bar{\varnothing}_d$, jehož empirická směrodatná odchylka σ_{\varnothing_d} je dána vztahem

$$\sigma_{\varnothing_d} = \sqrt{\frac{[v \cdot v]}{n \cdot (n-1)}}, \quad (1)$$

kde v je oprava definovaná vztahem $v_i = \varnothing_d - d_i$,

d_i – měřená délka,

n – počet opakování měření, odtud $(n-1)$ je počet nadbytečných měření.

Ze soustav směrodatných odchylek σ_{\varnothing_d} je možné vypočítat průměrnou hodnotu σ_c , definovanou vztahem

$$\sigma_c = \sqrt{\frac{[\sigma_{\varnothing_d} \cdot \sigma_{\varnothing_d}]}{c}}, \quad (2)$$

kde c je počet bodů (v našem případě 14).

Pro potvrzení, že soubor hodnot měřený pomocí totální stanice Leica je přesnější než soubor hodnot měřený pomocí laserového dálkoměru DISTO *pro*², byl použit Fischerův test

$$F = \sigma_{c1}^2 / \sigma_{c2}^2 \quad (3)$$

V našem případě

$$F = 0,92^2 / 0,39^2 = 5,56,$$

kde 0,92 mm je průměrná směrodatná odchylka σ_{c1} , zjištěná pro vnitřní přesnost laserového dálkoměru DISTO *pro*², a 0,39 mm je apriorní směrodatná odchylka σ_{c2} , zjištěná pro vnitřní přesnost totální stanice Leica.

Pro hodnotu F najdeme na hladině významnosti $\alpha = 0,05$ (95 %) kritickou hodnotu $F_\alpha = 1,53$. Protože $F \gg F_\alpha$, je možno o měřených hodnotách prohlásit, že nejsou ze stejného souboru; hodnoty měřené pomocí totální stanice jsou o řád vyšší.

Vnější přesnost měření byla zjištěna pomocí rozdílů mezi délkami určenými totální stanicí a délkami zjištěnými laserovým dálkoměrem DISTO *pro*²

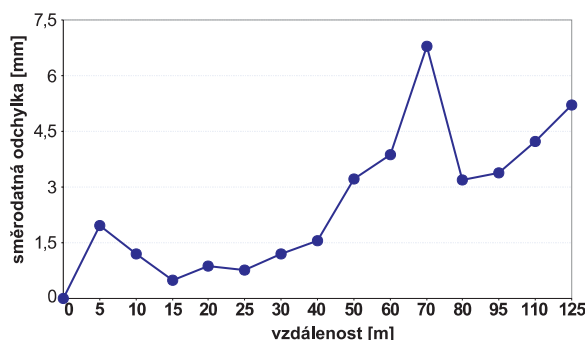
$$\Delta d = d^T - d^D, \quad (4)$$

kde d^T je délka měřená totální stanicí, d^D délka měřená laserovým dálkoměrem, Δd skutečný rozdíl délek. Můžeme tak usoudit i podle apriorních směrodatných odchylek $\sigma_{\Delta d}$ u vnitřní přesnosti totální stanice Leica. Pomocí rozdílů Δd je možné vypočítat směrodatnou odchylku naměřené délky σ_{d_i} podle vztahu

$$\sigma_{d_i} = \sqrt{\frac{\Delta d_i \cdot \Delta d_i}{n-1}}, \quad (2)$$

kde Δd_i je rozdíl definovaný vztahem $\Delta d_i = d_i^T - d_i^D$, n počet měření (v našem případě 6, pro vzdálenost 70 m a více je $n = 5$).

Podle průběhu směrodatné odchylky měřené délky σ_{d_i} , vyjádřené v obr. 2 [3], je možno říci, že vlivnějších podmínek, zejména teploty, na měřenou vzdálenost je třeba uvažovat od vzdálenosti 40 m. Do této vzdálenosti nepřesahuje hodnotu $\pm 1,5$ mm udávanou výrobcem pro délky do 30 m.



Obr. 2. Průběh směrodatné odchylky naměřené délky s rostoucí vzdáleností

Vliv stočení cíle na měřenou vzdálenost

Vzhledem k tomu, že body v terénu nejsou všechny umístěny na ploše kolmé k paprsku přístroje, je vhodné určit, kdy se stočení roviny bodu vůči paprsku přístroje projeví na měřené délce. Ke zjištění této chyby byla použita dřevěná destička, na které byly po 30 mm vyneseny body ve dvou na sebe kolmých řadách. Destička byla upevněna na objektiv dalekohledu teodolitu tak, aby řady bodů následně zajistily vodorovný a svislý směr. Tímto umístěním bylo možno realizovat její stočení s vysokou přesností.

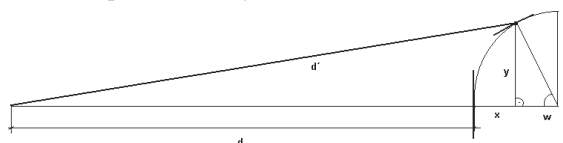
Ověřování probíhalo na zmíněné základně pro vzdálenosti 5, 15 a 35 m. Na větší vzdálenost již nemělo smysl pokračovat, neboť velikost stopy laserového paprsku DISTO *pro*² neumožňoval přesné zacílení na daný bod. Pro velké množství dat a časové omezení byl každý bod při určitém stočení měřen pouze jednou s dvojnásobným opakováním vzdálenosti, aby byla vyloučena hrubá chyba.

Kroky stáčení destičky:

– pro horizontální pohyb (doprava):

- 0 až 30 gon po 5 gon,
- 30 až 50 gon po 10 gon,
- 50 až 80 gon po 15 gon;

– pro vertikální pohyb bylo měřeno v pozicích se sklonem 0, 5, 10, 20 a 50 gon, a to nahoru. Sklon „nahoru“ odpovídá běžné situaci cílení nad horizont. Jelikož destička byla umístěna na objektivu dalekohledu, a nikoli ve středu otáčení, opisoval každý bod vlivem stáčení kružnici.



Obr. 3. Pohyb bodu po kružnici

Z obrázku 3 můžeme teoreticky vypočítat určenou vzdálenost d' zahrnující pohyb bodu po kružnici

$$y = R \sin \omega, \quad (6)$$

$$x = R (1 - \cos \omega), \quad (7)$$

$$d' = y^2 + (d + x)^2. \quad (8)$$

Z obrázků 4, 5 a 6 vyplývají následující závěry. Do 35 m stočení pouze v horizontálním směru nemá na měřenou vzdálenost vliv, s výjimkou krátkých vzdáleností do 5 m. V tomto případě může docházet k vysoké odrazivosti či k různým šumům, a proto byla překročena přesnost 1,5 mm. Vliv stočení ve vertikálním směru se začíná projevovat od 20 gon. Pro krátkou vzdálenost do 5 m se ještě tento vliv neprojeví, ale pro větší vzdálenosti se již hodnota rozdílu od správné hodnoty pohybuje na hranici přesnosti přístroje 1,5 mm. Plně se projevuje pro vertikální úhel stočení 50 gon a s přibývajícím stočením v horizontálním směru parabolicky narůstá. Pro krajní pozice ověřování – stočení v horizontálním směru 80 gon a ve vertikálním směru 50 gon – rozdíl překračuje 20 mm.

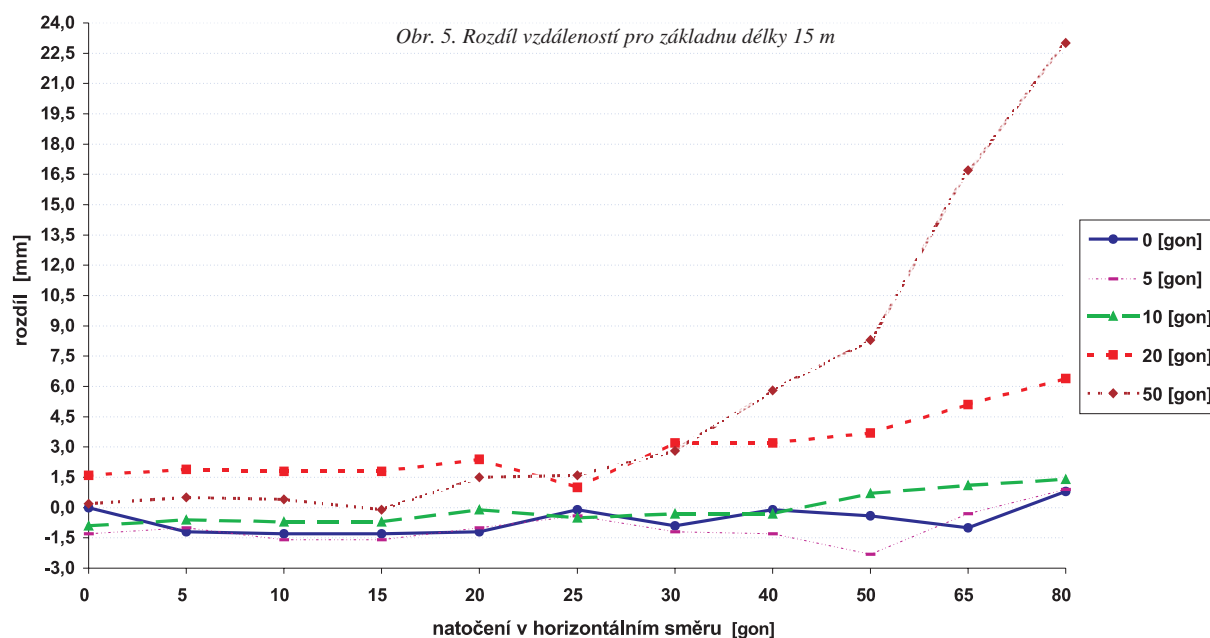
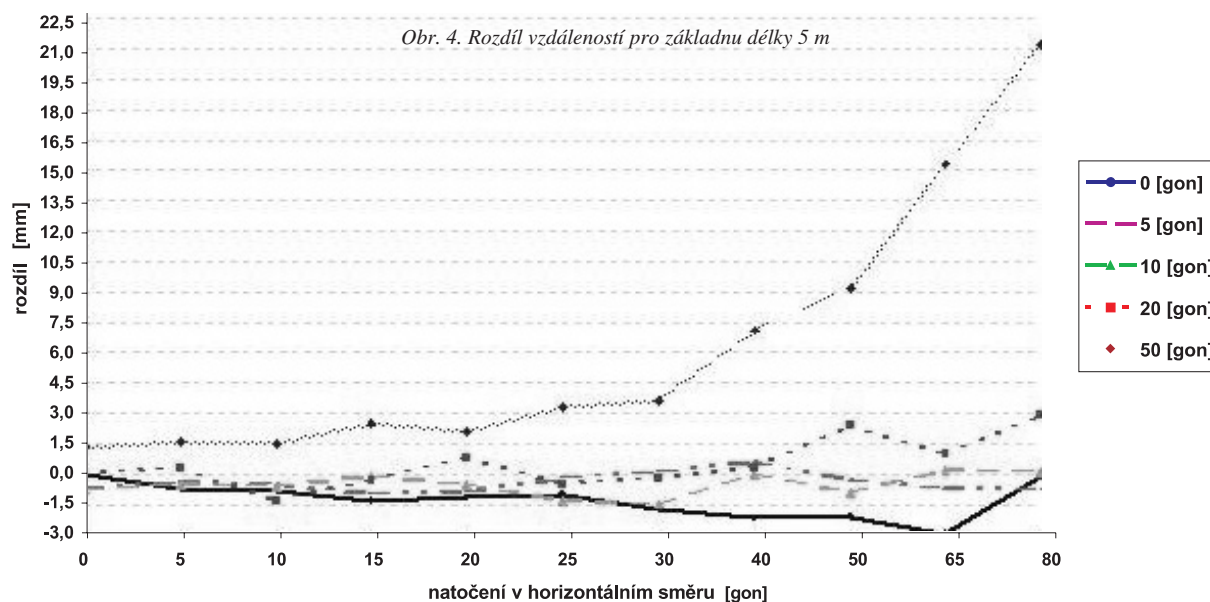
Závěrem lze tedy říci, že pokud by stočení nastalo pouze v jednom směru, není třeba na měřenou vzdálenost o tomto vlivu uvažovat. Avšak tento případ nastává jen pro specifické situace.

Přesnost výškového měření

Laserový dálkoměr DISTO *pro*² má ze třinácti aplikačních funkcí dvě funkce, které umožňují výpočet výšek. Obě fungují na stejném principu, a to na výpočtu pravouhlého trojúhelníku pomocí Pythagorovy věty, v němž jsou měřeny dvě strany (přepona a vodorovná odvěsna – ve vzorcích (12) označeni d_1 , resp. d_2) a třetí strana (svislá odvěsna) je do počtena. Předpokladem pro použití tohoto přístroje k určování výšek je však svislost objektu, což není vždy zajištěno.

Dálkoměr byl ověřován na severní stěně budovy B Fakulty stavební ČVUT při měření výšky mezi jednotlivými podlažními. Správná hodnota byla určena trigonometricky zenitových úhlů teodolitem a vodorovné vzdálenosti k objektu.

Pro posouzení vnitřní přesnosti laserového dálkoměru DISTO *pro*² byla využita nadbytečná měření. Všechny výš-



ky byly měřeny více než jednou, a proto můžeme určit jejich aritmetický průměr $\varnothing h$, jehož empirická směrodatná odchylka $\sigma_{\varnothing h}$ byla vypočtena opět pomocí (1), kde v je oprava definovaná vztahem $v_i = \varnothing h - h_i$ a h_i je měřená výška. Vzhledem k tomu, že měření probíhalo ve čtyřech dnech, je průměrná směrodatná odchylka každé výšky

$$\sigma_h = \sqrt{\frac{\sigma_{\varnothing h}^2}{c}}, \quad (9)$$

kde c je počet dnů měření (v našem případě 4). Z celého souboru dat můžeme spočítat apriorní směrodatnou odchylku σ_H podle vzorce

$$\sigma_H = \sqrt{\frac{\sigma_h^2}{m}}, \quad (10)$$

kde m je počet ověřovaných výšek ($m = 15$).

Vnitřní přesnost pro celkovou výšku byla určena apriorní směrodatnou odchylkou $\sigma_H = 3,7$ mm a pro dílčí výšky aprior-

ní směrodatnou odchylkou $\sigma_H = 1,6$ mm. Rozdíly Δh vypočtené výšky h^T ze zenitových úhlů, měřených teodolitem Zeiss Theo 010 B, a výšky h^D , vypočtené pomocí aplikační funkce dálkoměru, lze v tomto případě považovat za skutečné chyby veličiny h^D , tj.

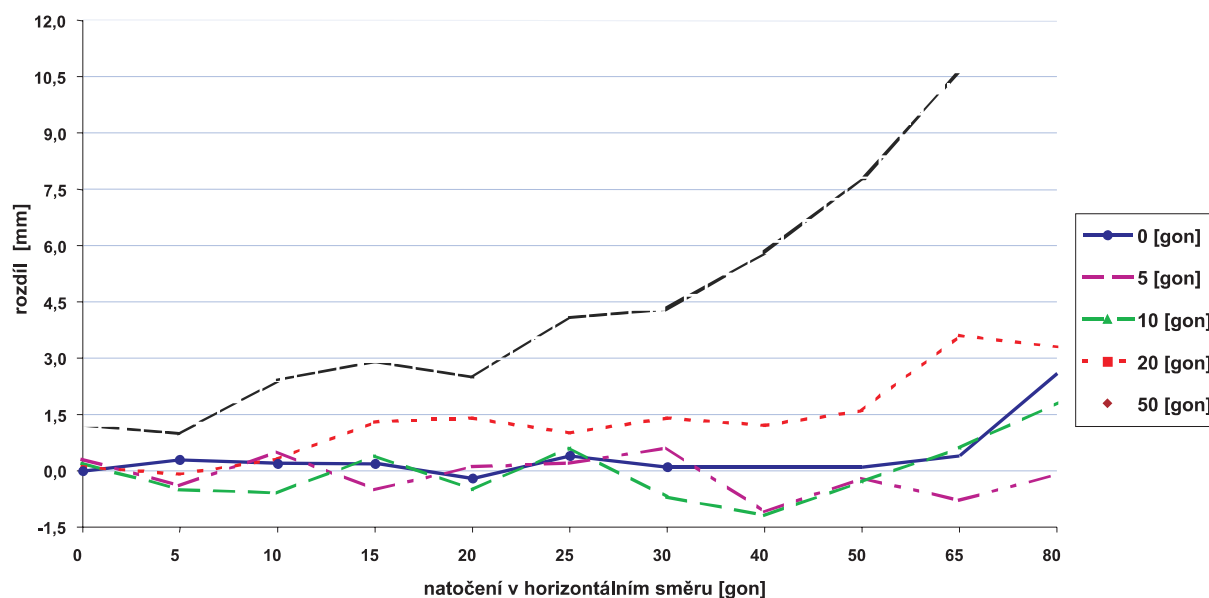
$$\Delta h = h^T - h^D, \quad (11)$$

kde h^T je výška určená pomocí teodolitu, h^D výška určená pomocí aplikační funkce dálkoměru, Δh skutečný rozdíl výšek. Pomocí těchto rozdílů je možné vypočítat směrodatnou odchylku měřené výšky σ_h podle vzorce (5).

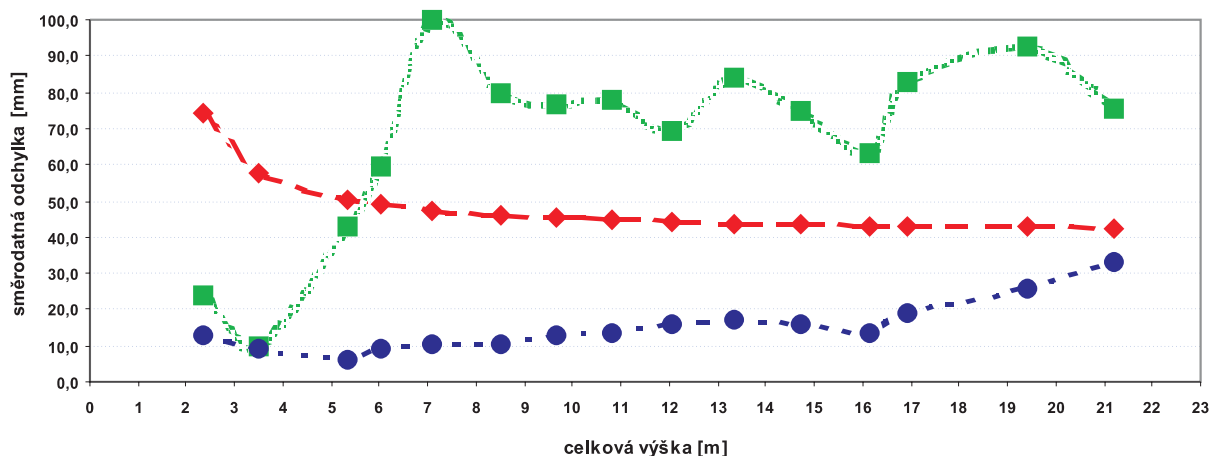
Očekávaná přesnost byla odvozena z Pythagorovy věty a je dána hodnotou

$$\sigma_h^D = \sigma_d \cdot \sqrt{(d_1^2 + d_2^2)/(d_1^2 - d_2^2)} + \sigma_d \cdot \sqrt{(d_3^2 + d_2^2) + (d_3^2 - d_2^2)}, \quad (12)$$

kde $\sigma_d = \pm 1,5$ mm podle údajů výrobce, d_1, d_2, d_3 jsou měřené délky.



Obr. 6. Rozdíl vzdáleností pro základnu délky 35 m



Obr. 7. Přesnost měření výšek v závislosti na výšce

—◆— přesnost udávaná výrobcem, —■— dosažená přesnost funkcí 1, —●— dosažená přesnost funkcí 2

Jak je z obr. 7 zřejmé, přístroj pro celkové výšky, měřené funkcí 1, přesnost udávanou výrobcem nesplňuje. Po bližším zkoumání objektu byly zjištěny nepravidelné odchylky od vswislice. Tato chyba byla při výpočtu potlačena rozdělením na dílčí výšky, na které tato chyba nemá pro jejich malé hodnoty (průměrně 1,2 až 1,5 m) téměř žádný vliv. Pro tuto metodu již přístroj splňoval bezpečně přesnost udávanou výrobcem (obr. 8). Průměrná směrodatná odchylka byla určena hodnotou $\sigma_{hc} = 16,3$ mm. Pro dílčí výšky, měřené vestavěnou funkcí 2, přesnost splňuje a až od 17 m je mezní hodnota nepatrně překročena. Průměrná směrodatná odchylka byla určena hodnotou $\sigma_{hd} = 5,6$ mm.

Přesnost úhlového měření

Aplikační funkce číslo 9 přístroje umožňuje pomocí měřených délek tří stran v trojúhelníku na základě cosinové věty výpočet jeho úhlů. Předmětem zkoušek na třech typech trojúhelníků (obecném, pravoúhlém a rovnoramenném) bylo zjištění, s jakou přesností budou tyto úhly určeny. V každém typu trojúhelníku se délky stran měnily v rozmezí

5 až 100 m. Vzniklo tak až třináct trojúhelníků značených pořadovými čísly. Kontrolou bylo změřeno vteřinovým teodolitem Zeiss Theo 010 B, který vykazuje o řád vyšší přesnost, což opět prokázal Fischerův test (3).

Výsledný vzorec směrodatné odchylky úhlu vypočteného z měřených vodorovných délek

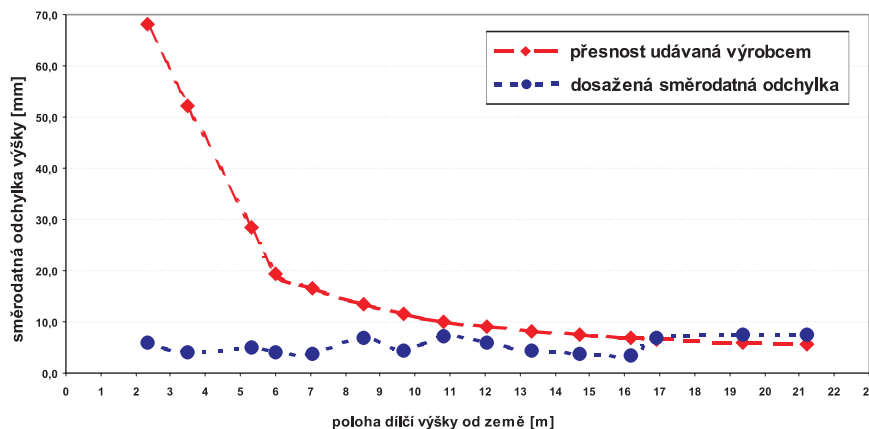
$$\sigma_{\gamma}^D = (\sigma_d / ab \sin \gamma) \cdot \sqrt{\frac{7(a^2 + b^2) + a^2c^2 + b^2c^2 - a^4 - b^4 - 2a^2b^2}{4ab} + \frac{a^2c^2(c^2 - 2a^2) + b^2c^2(c^2 - 2b^2) + a^6 + b^6}{4a^2b}}, \quad (13)$$

kde $\sigma_d = \pm 1,5$ mm podle údajů výrobce, a, b, c jsou délky stran.

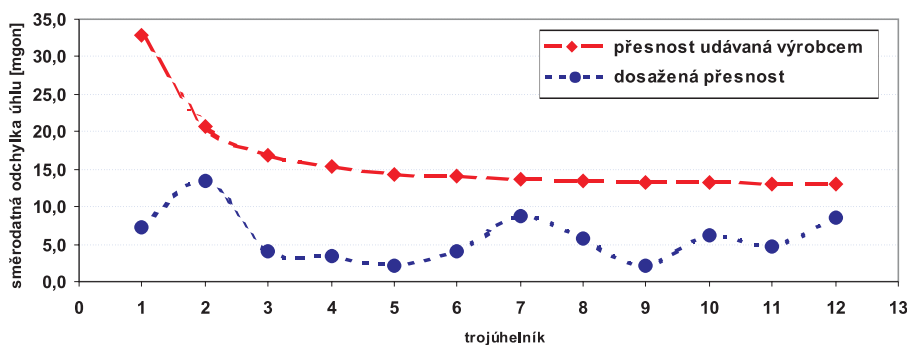
Na základě uvedených tří typů trojúhelníků bylo potvrzeno, že přesnost přístroje odpovídá údajům výrobce. Jak je ze vzorce (13) vidět, směrodatná odchylka nejvíce závisí na velikosti stran trojúhelníku a částečně i velikosti úhlu.

Jako speciální případ byla určena směrodatná odchylka pravoúhlého úhlu. Bylo zjištěno, že v tomto případě je průměrná smě-

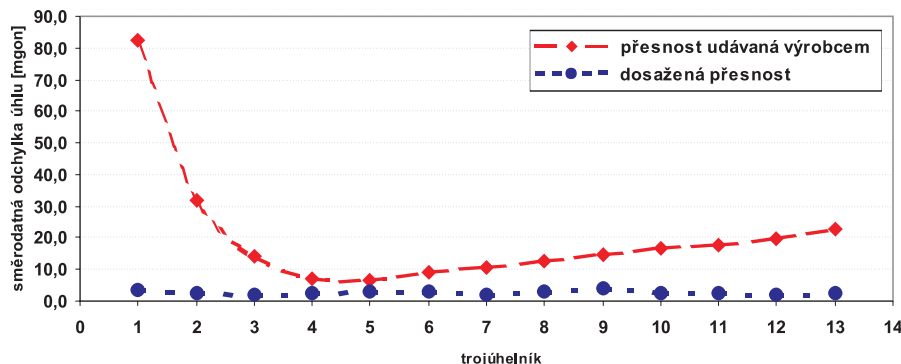
Obr. 8. Přesnost měření dílčí výšek



Obr. 9. Přesnost pravého úhlu v trojúhelníku



Obr. 10. Přesnost úhlu v rovnoramenném trojúhelníku



rodatná odchylka $\sigma_{\omega} = 6,7$ mgon. Pro ostatní úhly byla zjištěna maximální průměrná směrodatná odchylka $\sigma_{\omega} = 9,4$ mgon. U obecného trojúhelníku byla zjištěna ve stejné hodnotě pro úhel velikosti od 26 do 181 gon (celkový rozsah 155 gon). Nejlepší přesnost byla zjištěna pro rovnoramenný trojúhelník, kde se hodnoty směrodatných odchylek úhlů pohybují do 4 mgon.

Pro každý trojúhelník byla vypočtena zvlášť v rámci přehlednosti průměrná směrodatná odchylka úhlu σ_{ω} (byla určena jako průměr z průměrných směrodatných odchylek tří úhlů trojúhelníku):

- obecný trojúhelník $\sigma_{\omega} = 7,5$ mgon,
- pravouhlý trojúhelník $\sigma_{\omega} = 5,3$ mgon,
- rovnoramenný trojúhelník $\sigma_{\omega} = 3,3$ mgon.

Závěr

V závislosti na přesnosti přístroje [3] bylo zjištěno, že vliv teploty na měřenou vzdálenost je třeba uvažovat od vzdálenosti přes 30 až 40 m. Hodnota 30 m je uvedena i výrobcem jako optimální, dosah je však výrazně větší. Cílem dalších zkoušek bylo určit vliv stočení cíle na měře-

nou vzdálenost. Bylo zjištěno, že do 35 m nemá v rámci přesnosti přístroje stočení pouze v horizontálním směru na měřenou vzdálenost vliv. Pro větší vzdálenosti již nebyla přesnost přístroje vzhledem k velikosti stopy laserového paprsku a zacílení ověřována. Pokud by stočení cíle nastalo pouze ve vertikálním směru, tak není třeba uvažovat o tomto vlivu. Avšak k této situaci dochází při měření jen velmi málo. Přidáme-li ještě vliv stočení v horizontálním směru, rozdíl od správné hodnoty parabolicky narůstá s velikostí stočení. Do úhlu 20 gon sice nepřesahuje přesnost udávanou výrobcem, ale od této hodnoty s přibývajícím stočením rozdíl od správné hodnoty narůstá. Pro extrémní natočení 80 gon v horizontálním směru a 50 gon ve vertikálním směru se rozdíl od správné hodnoty pohybuje okolo 0,02 m. Je tedy pouze na uživateli, jak přesná data potřebuje získat a zda musí o tomto vlivu na měřenou vzdálenost dále uvažovat.

Z hlediska přesnosti měření výšek a přesnosti určení úhlu v trojúhelníku můžeme říci, že přístroj vyhovuje údajům udávaným výrobcem. Příslušnou hodnotu pro danou situaci je možno vypočítat ze vzorce pro výšku (12) či pro určení úhlu v trojúhelníku (13).

Článek byl vypracován v rámci výzkumného záměru č. 22 CEZ J04/98: 21 000 00 22 „Laserové systémy a jejich aplikace“.

Literatura

- [1] Böhm, J. – Radouch, J. – Hampacher, V.: Teorie chyb a vyrovnávací počet. Praha, Geodetický a kartografický podnik 1990.
- [2] ČSN 73 0420 Přesnost vytyčování staveb – Část 1. Základní požadavky; Část 2. Vytyčovací odchylky. ČSN, 2002.
- [3] Kadlecová, M.: Ověření jakosti ručního laserového dálkoměru DISTO PRO. [Diplomová práce], Praha, Fakulta stavební ČVUT 2003.
- [4] Chlup, J.: Přesnost trigonometrických úloh s použitím dálkoměru DISTO pro². [Diplomová práce], Praha, Fakulta stavební ČVUT 2004.

Chlup, J.: Trial Runs of the Hand-Operated Laser Distance Metre DISTO pro²

This paper examines the accuracy of measurement of lengths using the hand-operated laser distance metre DISTO pro². It also presents verification of the data provided by the producer. Further, it describes the effect of the temperature of the environment and the target area swing on the measured distance. The impact can be classified as a demonstration of external conditions which cannot be affected. Besides, the article mentions the accuracy of the determination of the inaccessible height of a structure and/or its vertical partial size and/or the horizontal angle accuracy, calculated from the measured horizontal lengths of a side of a triangle.

Chlup, J.: Probeläufe des Hand-Laserentfernungsmessers DISTO pro²

Im Artikel gilt die Aufmerksamkeit der Genauigkeit von Längenmessungen mit dem Hand-Laserentfernungsmesser DISTO pro² und der Überprüfung der durch den Hersteller gemachten Angaben. Des Weiteren wird der Einfluss der Umgebungstemperatur und der Drehung der Zielfläche auf die gemessene Entfernung beschrieben, was man als Ausdruck der äußeren Bedingungen, die nicht zu beeinflussen sind, klassifizieren kann. Es wird die Genauigkeit der Bestimmung der nicht zugänglichen Höhe eines Objektes oder eines seiner vertikalen Teilabmessungen bzw. die Genauigkeit des aus den gemessenen horizontalen Seitenlängen im Dreieck gemessenen Winkels erwähnt.

• dizertace



Betonové průmyslové podlahy

Ing. Petr Žalský

Dizertace se zabývá navrhováním, posuzováním a sanací betonových desek podlah ukládaných přímo na podloží. Autor popsal metody vhodné pro navrhování podlah a na příkladech předvedl progresivní simulační metodu LHS.

Určování hydraulických charakteristik při uvážení dvoufázového proudění vody a vzduchu

Ing. Jan Uhlík

Dizertace popisuje vztah mezi kapalnou a plynnou fází a hydraulickými charakteristikami a strukturou pórovitého prostředí na základě modelování transportu vody a vzduchu v pórech. Hlavním přínosem je výpočet hydraulických charakteristik pomocí simulace mikroskopického uspořádání v půdní matici.

Vliv kyselá depozice na ekosystém

Ing. David Motl

Práce je zaměřena na vliv kyselá depozice na ekosystémy malých povodí. Téma je aktuální, neboť acidifikace půdy je celosvětovým problémem. Cílem je popsat jev v závislosti na přísunu oxidů síry a dusíku do povodí. Dizertant použil model MAGIC a předpověděl průběh okyselení povodí Uhlířská, kde také ověřil účinek vápnění.

Jareš, J. – Lichtenbergová, A.

Právní úprava technických požadavků na stavební výrobky

Arch, Praha, 2004, 136 s., cena 299 Kč

Právní úprava technických požadavků na stavební výrobky je obsažena především v zákoně č. 22/1997 Sb., o technických požadavcích na výrobky, který byl dosud již pětkrát změněn, a ve dvou nařízeních vlády vydaných k provedení tohoto zákona. Orientace v této úpravě je poměrně obtížná, protože některá její ustanovení se uplatňují bez časového omezení, jiná bylo nutné uplatňovat do vstupu ČR do EU, a některá je možné i nutné uplatňovat až po vstupu do EU.

Publikace má charakter průvodce těmito předpisy, přehledně popisuje nejen právní povinnosti výrobců, dovozců a distributorů stavebních výrobků, ale popisuje i způsoby, kterými se vyjadřuje, že tyto výrobky splňují požadavky stanovené právními předpisy. Obsahuje potřebná vysvětlení a upozornění na rizika, která mohou vzniknout nepochopením uvedené právní úpravy, jejímž cílem je stanovit povinnosti a oprávnění směřující k tomu, aby stavební výrobky byly vhodné pro stavby a aby byly při respektování hospodárnosti vhodné k jejich určenému použití, a zároveň plnily stanovené základní požadavky pro stavby. V publikaci jsou podrobně vysvětleny nové oblasti, které souvisejí s transpozicí směrnice Rady 89/106/EHS o stavebních výrobcích do právního řádu ČR. Je zde vysvětlen souběžný dvou nařízením vlády, která upravují technické požadavky na stavební výrobky. Uvedeny jsou informace o harmonizovaných normách a evropských technických schváleních.

www.eprodejna.cz

Laserový skenovací systém LORS – vývoj a ověřování přesnosti

Ing. Bronislav KOSKA
Ing. Martin ŠTRONER, PhD.
doc. Ing. Jiří POSPÍŠIL, CSc.
ČVUT – Fakulta stavební
Praha

Článek popisuje laserový skenovací systém LORS, jeho konstrukci, matematické řešení a první ověřování přesnosti. Systém je vhodný pro skenování menších předmětů nejen z oblasti archeologie.

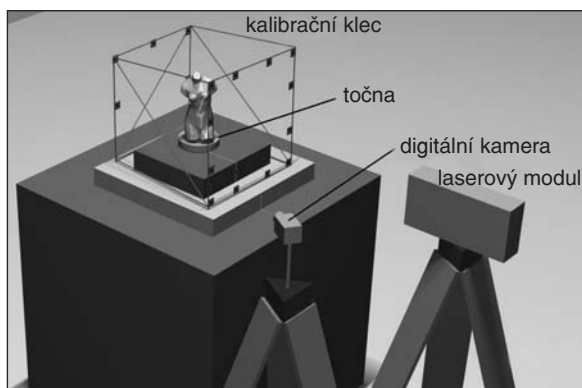
Úvod

Při řešení grantového projektu GA ČR 103/02/0357 „Moderní optoelektronické metody topografie ploch“, byl vyvinut prototyp laserového a optického rotačního skeneru LORS pro snímání malých předmětů. Byly vytvořeny algoritmy pro měření a zpracování výsledků. Dále bylo vytvořeno softwarové zabezpečení pro měření a vyhodnocení a také výroba a sestavení prototypu. Prokázala se funkčnost a vyhovující přesnost zařízení k dokumentaci drobných předmětů.

Na toto řešení navazuje další zdokonalení prototypu, kalibrace a zpracování. V rámci grantového projektu č. 205/04/1398 „Využití 3D skenerů v geodézii a památkové péči“ bylo vytvořeno stacionární prostorové kalibrační bodové pole (kalibrační klec), které je součástí systému a umožňuje měnit pozici kamery v závislosti na skenovaném předmětu a jeho tvaru, protože určení prvků vnitřní i vnější orientace je možné v kterékoli fázi měření ve spojení s novým postupem jejich určení – direktní lineární transformací (DLT) – včetně opravy z distorze objektivu kamery.

Popis systému

Systém LORS je laserový a optický rotační trojrozměrný skener, který byl v první fázi navržen pro snímání malých předmětů. Původní systém se skládal ze tří hardwarových komponent – digitální kamery, laserového modulu a točny. Digitální kamera je umístěna přesně na teodolitu a jsou u ní známy prvky vnitřní orientace. Laserový modul vytváří laserovou rovinu. Točna je charakterizována, v rámci požado-



Obr. 1. Model řešení systému LORS

vané přesnosti, konstantní úhlovou rychlostí. Prostorový bod je definován průsečíkem stopy laserové roviny na předmětu a optické přímky, která je daná snímkovými souřadnicemi stopy z digitální kamery [1].

V novém řešení byla změněna metoda určení prvků vnitřní a vnější orientace digitální kamery. K tomu účelu byla vytvořena kalibrační klec s dvaceti body. Digitální kamera s vyšším fyzickým rozlišením může být umístěna v libovolné poloze a její prvky orientace jsou určovány DLT. Ostatní hardwarové prvky zůstaly zachovány. Model nového řešení systému LORS ukazuje obr. 1.

Princípem systému je stále protnutí laserové roviny a optické přímky definované snímkovými souřadnicemi laserové stopy na předmětu. Ve výpočtu průsečíku nevystupuje nyní rovnice optické přímky explicitně, ale je obsažena v rovnicích DLT. Z hlediska trojrozměrných souřadnic bodu tedy jde o řešení tří lineárních rovnic o třech neznámých (dvou rovnic DLT a rovnice roviny).

■ Laserový modul

V současnosti se využívá laser DPGL-3005L-45 (výkon 5 mW, vlnová délka 532 nm), který přímo vytváří laserovou rovinu šířky přibližně 3 mm. To způsobuje chyby v určení krajů zaměřovaných předmětů a při vyhodnocení detailních změn v topografii zaměřované plochy.

■ Točna

Je charakterizována, v rámci požadované přesnosti, konstantní úhlovou rychlostí. Při měření je nutné ji urovnat tak, aby osa rotace byla přesně vswislá, a následně určit její polohu.

■ Digitální kamera

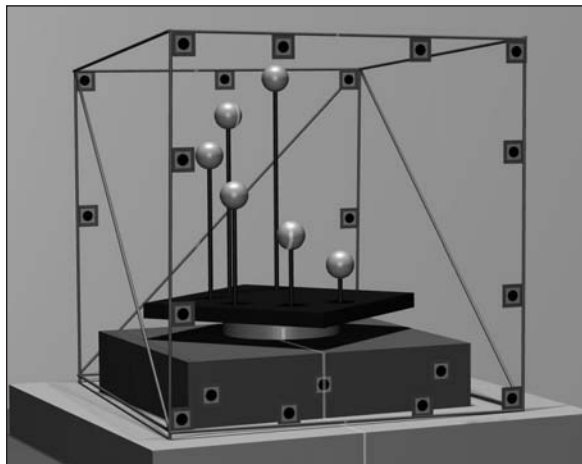
Jak již bylo zmíněno, byla zakoupena vhodnější digitální kamera Lumenera LU120 (fyzické rozlišení/frekvence snímkování – 1 280 × 1 024/16 fps), která podporuje progresivní (neprokládané) snímkování. Další výhodou proti dřívějšímu řešení je přímé propojení kamery k počítači přes port USB a také ukládání snímků bez komprese. Do libovolné pozice je umístěna na fotografickém stativu Velbon CX-444 a prvky její orientace jsou určeny ze snímkových souřadnic bodů kalibrační klece.

V systému se také používá standardní digitální videokamera Panasonic NV-GS120EG. V tomto případě bylo nutné softwarově odstranit několik problémů, z nichž nejzávažnější bylo prokládané snímkování a obdélníkový tvar pixelu. U kamery byla také ověřována stabilita prvků vnitřní orientace. Výsledky experimentů dokazují její plnou použitelnost v novém řešení systému LORS [2].

■ Kalibrační klec

V podstatě jde o síť dvaceti vřícovacích bodů umístěných kolem točny (zaměřovaného předmětu). V praxi je klec vytvořena z tenkých kovových tyčí, na nichž jsou v rozích a dalších místech umístěny destičky s nalepenými značkami bodů (obr. 2). Slouží k výpočtu parametrů DLT, ve kterých

jsou obsaženy jak prvky vnitřní orientace (kalibrace kamery), tak vnější orientace (konfigurace LORS).



Obr. 2. Kalibrační klec a přípravek

Postup měření

Měření probíhá tak, že se kamerou snímá sekvence snímků zachycujících pohyb objektu na točně. Z takto získaných dat se počítají prvky vnitřní a vnější orientace kamery a s jejich využitím dále měřené body na objektu v profilu signalizovaném laserovou stopou. Po měření je třeba pro zjednodušení zpracování převést data na jednotlivé snímky a doplnit souborem s upřesňujícími údaji o časovém indexu a souborem určujícím pořadí snímků. Pro kameru Lumenera byl sestaven program, který zachytává snímaná data do RAM paměti počítače a po skončení skenování je ukládá na hardisk v požadovaném formátu.

Pro vyhodnocení je třeba znát prostorové souřadnice vličovacích bodů stabilizovaných na kalibrační kleci, koeficienty rovnice laserové roviny a souřadnice osy rotace přesně horizontované točny ve stejné souřadnicové soustavě. Pro určení koeficientů rovnice laserové roviny a souřadnic osy rotace točny podle metody nejmenších čtverců lze použít knihovnu SPATFIG. Kromě určení orientace kamery je třeba také určit dobu jedné otočky točny, což se provádí ze získané sekvence snímků.

Prvky vnitřní a vnější orientace kamery

Vzhledem ke složitosti kalibrace kamery upevněné na teodolitu byl proti původnímu záměru změněn systém určení prvků vnitřní a vnější orientace. Nově se používá kalibrace pomocí DLT, která je velice výhodná vzhledem k časové nenáročnosti, lze ji provádět při každém měření z kteréhokoli snímku sekvence, což umožňuje využívat pro měření různé kamery. Direktní lineární transformace neodděluje prvky vnější a vnitřní orientace, zobrazení je realizováno matematickými vztahy

$$x' = \frac{L_1 \cdot X + L_2 \cdot Y + L_3 \cdot Z + L_4}{L_9 \cdot X + L_{10} \cdot Y + L_{11} \cdot Z + 1}, \quad (1)$$

$$y' = \frac{L_5 \cdot X + L_6 \cdot Y + L_7 \cdot Z + L_8}{L_9 \cdot X + L_{10} \cdot Y + L_{11} \cdot Z + 1}, \quad (2)$$

kde X, Y, Z jsou prostorové (geodetické) souřadnice vličovacích bodů, x' a y' souřadnice snímkové, zde body stabilizované na kalibrační kleci. L_1 až L_{11} jsou koeficienty DLT. Z těchto vztahů lze vypočítat prvky vnitřní a vnější orientace [3]. Vzhledem k předpokládané kvalitě objektivů digitálních kamer jsou vztahy využívány rozšířené o korekci ra-

diální distorze ve tvaru

$$x' = \frac{L_1 \cdot X + L_2 \cdot Y + L_3 \cdot Z + L_4}{L_9 \cdot X + L_{10} \cdot Y + L_{11} \cdot Z + 1} - (k_0 r^2 + k_1 r^4 + k_2 r^6) \cdot (x' - x'_0), \quad (3)$$

$$y' = \frac{L_5 \cdot X + L_6 \cdot Y + L_7 \cdot Z + L_8}{L_9 \cdot X + L_{10} \cdot Y + L_{11} \cdot Z + 1} - (k_0 r^2 + k_1 r^4 + k_2 r^6) \cdot (y' - y'_0), \quad (4)$$

$$r = \sqrt{(x' - x'_0)^2 + (y' - y'_0)^2},$$

kde k_0, k_1, k_2 jsou koeficienty postihující radiální distorzi, r je vzdálenost bodu od hlavního snímkového bodu o souřadnicích x'_0, y'_0 . Výsledkem současného určení prvků vnitřní a vnější orientace je jedenáct koeficientů DLT, tři koeficienty popisující radiální distorzi a souřadnice hlavního snímkového bodu. Minimální počet vličovacích bodů je tedy sedm.

Pro výpočet byl sestaven program DLT3k, který se provádí iteračně metodou nejmenších čtverců a jeho součástí je výpočet polohy hlavního snímkového bodu a koeficientů radiální distorze [4]. Stabilizace cílů na kalibrační kleci je provedena tak, že lze využít automatické vyhledávání středu terčů implementované v programu Odečítač, a tím velmi urychlit určování snímkových souřadnic včetně zápisu do souboru.

Výsledkem určení prvků vnitřní a vnější orientace je jedenáct koeficientů DLT, tři koeficienty popisující radiální distorzi a poloha hlavního snímkového bodu. Společně s rovnicí světelné roviny vytvářené laserem jsou to všechny parametry potřebné pro určení prostorové polohy bodů řezu.

Určení prostorových souřadnic bodů na objektu

První fází stanovení souřadnic bodů profilu je určení snímkových souřadnic pixelů, které zachycují stopu laseru na objektu, druhou fází je pak určení snímkových souřadnic středů laserové stopy. Obě fáze řeší program Powok 2.0, určení snímkových souřadnic hledaných pixelů je na základě metody vylepšeného prahování (popsáno např. v [5]), střed stopy je určován jako řádkový průměr vyhodnocených pixelů s možností filtrování, pokud je mezi vyhodnocenými pixely mezera.

Dále je třeba vypočítat prostorové souřadnice bodů profilu a podle „časové“ souřadnice (čas pořízení snímku) je pootočit kolem středu otáčení točny tak, aby se body jednotlivých profilů rozprostřely zpět z bodů profilů do bodů tělesa. Výpočet prostorových souřadnic je výpočet průsečíku paprsku daného snímkovou souřadnicí, středem vstupní pupily objektivu kamery (zprostředkováno koeficienty DLT) a světelné roviny dané rovnicí ($A \cdot X + B \cdot Y + C \cdot Z + D = 0$). Řešený vztah lze jednoduchými úpravami sestavit z rovnic pro DLT (1) a (2) a rovnice roviny, přičemž je vhodné vstupující snímkové souřadnice předem opravit o korekci z distorze,

$$\begin{pmatrix} x' \cdot L_9 - L_1 & x' \cdot L_{10} - L_2 & x' \cdot L_{11} - L_3 \\ y' \cdot L_9 - L_5 & y' \cdot L_{10} - L_6 & y' \cdot L_{11} - L_7 \\ A & B & C \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} x' - L_4 \\ y' - L_8 \\ D \end{pmatrix} = 0. \quad (5)$$

Výpočet je řešen programem DLTR2XYZ včetně opravy snímkových souřadnic o distorzi. Výsledkem jsou prostorové souřadnice ležící ve světelné rovině. Vzhledem k horizontování točny je pootočení jednotlivých profilů realizováno pouze kolem osy Z , tj. podle vztahu

$$\begin{pmatrix} X_0 \\ Y_0 \\ Z_0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos(\omega) & -\sin(\omega) & 0 \\ \sin(\omega) & \cos(\omega) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix}. \quad (6)$$

Výpočet je řešen programem Scanner, výsledkem jsou prostorové (geodetické 3D) souřadnice bodů objektu, tzv. mračno bodů.

Ověřování přesnosti

■ Kalibrační přípravek

Pro posouzení přesnosti upraveného skenovacího systému LORS byl vytvořen kalibrační přípravek sestavený ze šesti totožných koulí upevněných na duralových tyčích (obr. 2).

■ Konfigurace

Konfigurace systému (laserová rovina, točna), kalibrační klece a kalibračního přípravku byla určena prostorovým protínáním vpřed z úhlů s použitím totálních stanic Topcon GPT 2006 (směrodatná odchylka měření úhlů podle DIN 18723 je 0,0018 gon). Rozborem přesnosti byl určen odhad směrodatné odchylky průsečíku pro danou konfiguraci ($s_x = s_y = 0,5$ mm, $s_z = 0,2$ mm). Stejným způsobem byla odhadnuta směrodatná odchylka délky mezi takto určenými body. Díky velkým korelačním závislostem je výrazně nižší ($s_d = 0,08$ mm).

■ Ověřování metody DLT

Vhodnost jejího využití byla ověřena nejprve výpočtem parametrů jen z části dostupných bodů (10 bodů). Pro ostatní známé body byly vypočteny snímkové souřadnice a porovnány se souřadnicemi odečtenými přímo na snímku. Výsledná směrodatná odchylka byla 0,29 pixelu. Tento výsledek svědčí o vhodnosti použité metody.

■ Ověřování systému LORS

Posledním krokem bylo ověření přesnosti celého systému LORS zaměřením kalibračního přípravku. Vzniklé mračno bodů bylo proloženo koulemi s daným poloměrem podle metody nejmenších čtverců s využitím veřejné knihovny tříd a funkcí k prokládání geometrických primitiv v prostoru SPATFIG [6].

Jako nejlepší metoda posouzení dosažené přesnosti se jeví využití podobnostní transformace v prostoru (mezi středy šesti koulí kalibračního přípravku). Nejprve byla ověřována kamera Panasonic NV-GS120EG. Směrodatná odchylka jednotkové podobnostní transformace $s_0 = 0,20$ mm. To je v souladu s průměrnou chybou v délce mezi středy kružnic, která je pro body 1-1 až 1-6 rovna 0,36 mm. Po zavedení do systému byla za stejných podmínek ověřována i kamera Lumenera LU120. Směrodatná odchylka jednotkové podobnostní transformace $s_0 = 0,47$ mm. Průměrná chyba v délce mezi středy kružnic je 0,37 mm.

Další metodou k ověření přesnosti může být posouzení směrodatné odchylky jednotkové, která je výstupem z proložení mračna bodů koulí. Její hodnota vlastně představuje kvadratický průměr vzdáleností naměřených bodů od proložené plochy. Tato veličina, stejně jako kovarianční matice

vyrovnaných neznámých, by byla teoreticky zcela správná pouze v případě, že by váha všech měření (všech souřadnic u všech bodů) byla stejná, anebo by byla přesně známá jejich kovarianční matice. Stejnou váhu všech měření není možné zaručit a kovarianční matice není pro toto nové řešení LORS doposud přesně známá. Přesto lze i tyto výsledky pro orientaci uvést (tab. 1).

Stejnou orientační váhu lze přisoudit odhadům směrodatných odchylek vyrovnaných neznámých (v tomto případě souřadnic středu koule). U obou kamer vychází pro všechny tři souřadnice u všech kalibračních koulí velmi podobná. Tato hodnota je u experimentu pro kameru Panasonic přibližně 0,06 mm a pro kameru Lumenera 0,09 mm.

Zajímavé je porovnání přesnosti dosažené jednotlivými kamerami. Přestože kamera Lumenera má větší fyzické rozlišení, výsledky z ní se jeví paradoxně jako méně přesné. Lze však říci, že vyšší počet pixelů vyhodnocované laserové stopy na skenovaném předmětu, a tedy při vyhodnocení využívaný aritmetický průměr ve výsledku svou subpixelovou přesností, smazává vliv vyššího rozlišení, a zároveň také překračuje přesnost, kterou v celém systému dovolují ostatní komponenty, hlavně pak točna.

Závěr

Výsledkem dosavadního vývoje je laserový a optický rotační skener LORS, který je vhodný pro skenování menších předmětů, do velikosti max. 0,4 m. Průběžnou inovací byl systém zdokonalen do současné podoby a určuje polohu bodu se směrodatnou odchylkou v jedné souřadnici do 0,5 mm. Výhodou je možnost využití více různých kamer, i současně, jejich kalibrace se realizuje na základě provedeného měření.

Do budoucna je plánováno ověření možnosti využití digitálního projektoru k vytvoření ideálně široké stopy laserové roviny na předmětu. Dokončené experimenty nasvědčují, že stávající točna způsobuje největší chyby ve výsledných souřadnicích. To je pravděpodobně způsobeno nepříliš kvalitním zhotovením (z hlediska stability osy rotace a úhlové rychlosti). Proto byla zadána k výrobě nová točna, která bude splňovat požadavky na stabilitu a bude využitelná pro další vývoj systému LORS.

Článek byl zpracován v rámci projektu č. 205/04/1398 GA ČR „Využití 3D skenerů v geodézii a památkové péči“.

Literatura

- [1] Koska, B. – Křemen, T. – Štroner, M. – Pospíšil, J. – Kašpar, M.: Development of Rotation Scanner, Testing of Laser Scanners. In: Proceedings of the 3rd International Conference on Engineering Surveying and FIG Regional Conference for Central and Eastern Europe INGE0 2004 in Bratislava [CD-ROM]. Bratislava, Slovak University of Technology, Faculty of Civil Engineering, 2004.
- [2] Koska, B.: Testing Possibilities of Using a Standard Digital Camera at Laser and Optic Rotating Scanner. Investigating Method to Evaluate Accuracy of 3D Scanning Systems. In: Proceedings of Workshop 2005. Praha, ČVUT, 2005.
- [3] Pavelka, K.: Fotogrammetrie 10, 2. vydání. Praha, Vydavatelství ČVUT 2002. 191 s.
- [4] Štroner, M.: Měření statických a dynamických charakteristik strojních a stavebních prvků – soubor rozborů, postupů a prostředků. [Dizertační práce], Fakulta stavební ČVUT, Praha, 2002.
- [5] Štroner, M. – Pospíšil, J.: Neměřická digitální kamera při dynamickém měření přetvoření. Stavební obzor, **10**, 2001, č. 3, s. 84–88.

Tab. 1. Hodnocení přesnosti měření

Kulový terč	Panasonic NV-GS120EG		Lumenera LU120	
	počet bodů	s_0 [mm]	počet bodů	s_0 [mm]
1	1 328	0,054	570	0,048
2	1 382	0,043	673	0,047
3	1 316	0,040	558	0,054
4	1 269	0,038	529	0,060
5	1 299	0,042	519	0,051
6	1 351	0,037	553	0,053

[6] Koska, B.: Veřejná knihovna tříd a funkcí SPATFIG a její aplikace. In: Proceedings of JUNIORSTAV 2005 – 7. Odborná

konference doktorského studia s mezinárodní účastí [CD-ROM]. Fakulta stavební VUT, Brno, 2005.

Koska, B. – Štroner, M. – Pospíšil, J.: Laser Scanning System LORS – Development and Accuracy Testing

Koska, B. – Štroner, M. – Pospíšil, J.: Das Laser-Scannsystem LORS – Entwicklung und Prüfung der Genauigkeit

This article describes the laser scanning system LORS, its construction, mathematical solution, and the initial accuracy testing. The system is suitable for scanning smaller objects under archaeological examination and others.

Der Artikel beschreibt das Laser-Scannsystem LORS, seine Konstruktion, die mathematische Lösung und eine erste Prüfung der Genauigkeit. Das System ist zum Aufscannen kleinerer Gegenstände nicht nur aus dem Bereich der Archäologie geeignet.

Trápí vás graffiti?

Společnost Saint-Gobain Weber Terranova je dnes v České republice jedním z nejvýznamnějších dodavatelů a výrobců štukových a tepelně izolačních omítek, zateplovacích systémů, sanačních omítkových systémů, nátěrů, vyrovnávacích a samonivelačních podlahových hmot, lepidel na obklady a dlažbu. K zajímavým produktům patří prostředky k ošetření fasád před samozvanými „umělci“, popř. k odstranění jejich výtvorů.



- **Grafitix M.P.2** je permanentní matný nebo lesklý nátěr pro preventivní ochranu před graffiti pro použití v exteriérech a interiérech na podkladech natřených i bez nátěru. Je vhodný na fasádní nátěry, strukturované omítky, minerální podklady, nádoby z PVC, panely dopravního značení na silnicích, jakýkoli choulostivý povrch citlivý k působení rozpouštědel.

- **Grafitix Primaire Roc** je bezbarvá vodní disperze polyuretanu, určená zejména pro ošetření povrchů před nanesením ochranných nátěrů proti graffiti. Jeho použití je nutné u silikátových a minerálních podkladů.

- **Grafitix Decolorant** je odbarvovač pro odstranění stínů po graffiti z hloubky materiálu, zejména z kamene, cihel, mramoru, pro odbarvení nebo zesvětlení dřeva, odbarvení mořidel nebo laků z dřevěných podkladů. Odstraňuje nápisy namalované inkoustem, zvýrazňovači, propiskou, razítkovými barvami atd. Zachovává původní nátěry a barvy, nemá na ně téměř žádný vliv.

- **Grafitix Grafisolv** odstraňuje malby spreji nebo fixy z choulostivých povrchů. Pomalu a postupně rozrušuje barvu graffiti, proto je možné jeho účinek kdykoli přerušit pouhým setřením, a snížit tak riziko poškození původního povrchu na minimum.

V sortimentu nabízených materiálů se mohou zájemci orientovat nahlédnutím do Rádce, který firma každým rokem vydává. Tato ucelená pomůcka přináší řadu informací, od nových problémů a řešení, přes konstrukční detaily, nové výrobky apod.

www.terranova.cz

Víchová, J.

Povolání architektů, stavebních inženýrů a techniků po vstupu do Evropské unie

Arch, Praha, 2005, 96 s., cena 490 Kč

Výkon povolání autorizovaných architektů, autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě je na území Evropské unie regulován právními předpisy Evropských společenství, které jsou založeny na principu vzájemného uznávání profesní kvalifikace. Celá tato oblast spadá do kapitoly „Volný pohyb osob“, resp. podkapitoly „Vzájemné uznávání profesní kvalifikace“.



Podle Evropské dohody zakládající přidružení mezi Českou republikou na straně jedné a Evropskými společenstvími a jejich členskými státy na straně druhé se naše republika zavázala k zajištění postupné slučitelnosti národního právního řádu s právem Evropských společenství. Jedním z konkrétních výstupů této činnosti je i novela zákona o výkonu povolání autorizovaných architektů, autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě. Cílem tohoto zákona je ochrana veřejných zájmů ve výstavbě, neboť vytváří nezbytné právní podmínky pro splnění požadavků na odbornou způsobilost fyzických osob k výkonu vybraných činností ve výstavbě podle stavebního zákona. Jsou to činnosti, jejichž výsledek ovlivňuje ochranu veřejných zájmů ve výstavbě, konkrétně projektová činnost a odborné vedení realizace staveb.

www.eprdejna.cz

• zprávy

Víte, kde je The Forum?

Reprezentativní historická budova The Forum se nachází v samém středu Václavského náměstí, na jedné z prestižních obchodních adres v Praze. Zrekonstruovaná neobarokní budova unikátně spojuje architekturu 19. století s moderním řešením interiéru, které vychází vstříc nejvyšším požadavkům nájemců. Kdysi kancelářská budova, kde pracoval i Franz Kafka, se bude i nadále významně podílet na utváření obchodního dění na Václavském náměstí.

Budova je architektonickou památkou třídy 1, a zároveň jednou z nejcennějších budov v centru Prahy, co do řešení nároží a přední fasády, střechy a prvků vnitřní konstrukce.

Původně na tomto pozemku stál renesanční dům „U Císařských“ ze druhé poloviny šestnáctého století. Stávající budova bývalé pojišťovny Assicurazioni Generali je projektem významného vídeňského architekta B. Ohmanna z roku 1895, obohaceným O. Polívkou o některé prvky související s českým barokem. Průčelí vyzdobil díly slavných sochařů, jako byl St. Sucharda, Č. Vosmík, B. Schnirch. V roce 1922 byla doplněna atika a vybudována pasáž podél Jindřišské ulice, s přílehlým vloženým mezaninem. V první polovině 20. století zde sídlila Česká pojišťovna, později Český normalizační úřad a Český patentový úřad (od roku 1953). Od roku 1959 byl výhradním uživatelem budovy Český patentový a normalizační úřad, od roku 1962 Český úřad pro normalizaci a měření. Prostory Polského informačního střediska byly vybudovány podle projektu K. Pragera (1956–1960). Budova je významná díky své historizující architektuře, jejíž hodnota je zejména v exteriéru, ale také reprezentativně bohatě vyzdobeným interiérem s pozoruhodnými detaily. Vnitřní dominantou je „Císařské schodiště“ (s barokizující štukovou výzdobou) od přízemí do druhého patra.

Neobarokní fasáda tohoto šestipodlažního bankovního paláce na rohu Václavského náměstí a Jindřišské ulice



obsahuje zdůrazněný centrální pilíř vstupu, balkony v prvním a druhém patře a dominantní kopuli, svými motivy související s kopulí Vídeňské banky v ulici Na Příkopě, ze stejného období. Součástí boční fasády s devatenácti osami jsou čtyři rizality, z nichž prostřední obsahuje portály původních vrat do obou dvorů. Přední, velkoryse členěná fasáda, s bohatým štukem, sochařskou a reliéfní výzdobou, je svisle členěna v dobovém stylu. Obě nižší podlaží jsou pojata jako podnož vyběhající až do prvního a druhého patra, s vysokým sloupovým řádem, nad jehož vrcholem je situováno třetí a čtvrté patro, navržené jako podkroví ve své části přiléhající k Jindřišské ulici. Zábradlí, balkon a okenní mříže jsou kovářskou prací. Střecha má složitý tvar, břidlicovou a měděnou krytinu.

Při renovaci budovy, jejíž architektonický návrh zpracovala společnost SH Architects, vycházel investor, společnost Flow East, z požadavků Národního památkového ústavu, aby byla zachována historická hodnota objektu. Zároveň však při úpravách dbal na zakomponování moderních technologií a systémů, které vycházejí vstříc nejnáročnějším požadavkům nájemců a odpovídají nejvyšším mezinárodním standardům pro moderní kancelářské prostory. Budova disponuje velkoprostorovými i jednotlivými kancelářemi, pěti výtahy včetně venkovního proskleného. Objekt je odhlučněn, otevíratelná okna jsou vybavena dvojitými skly. Podlahy pokrývají kvalitní parkety z dubového dřeva, v nichž jsou zabudovány kanály pro strukturovanou kabeláž včetně podlahových krabic. Patra jsou propojena datovými kanály. Vytápění a chlazení zajišťuje čtyřtrubkový fan-coil systém. Točna a výtahy umožňují nájemcům parkování v suterénních prostorách budovy. Samozřejmostí je spolehlivý systém zabezpečení budovy. Součástí rekonstrukce je posunutí vstupu do podchodu pod Václavským náměstím před průčelím budovy.

– mk –

Technický slovník naučný

R – Š

Encyklopedický dům, Praha, 2004, 546 s., 450 černobílých ilustrací, barevná příloha, 490 Kč

Koncem loňského roku vyšel již sedmý svazek shora uvedeného díla. Celý slovník naučný zahrne 43 tis. hesel v osmi svazcích, poslední vyjde v polovině letošního roku. Dílo zachycuje současnou techniku včetně souvisejících teoretických oborů a technologií. Obrací se k zájemcům o rychlou, kvalitní a aktuální informaci, zdůrazňuje novinky, ale neopomíná ani historii jednotlivých oborů a technických objevů. Je původní autorskou prací, na jeho vzniku se podílí kolektiv více než 200 externích autorů a konzultantů z řad vysokoškolských pedagogů i odborníků z praxe. Vychází za podpory některých vysokých škol technického směru, České matice technické a od čtvrtého svazku je částečně financován Grantovou agenturou ČR.

• konference

Sídlíště pro život

Konferenci ministrů Evropské unie odpovědných za bytovou politiku uspořádalo v březnu v pražském Obecním domě Ministerstvo pro místní rozvoj ČR. Jednáním na shora uvedená témata předsedal ministr Jiří Paroubek společně se svým holandským protějškem, ministryní Sybillou Dekker. Záštitu nad akcí převzal předseda české vlády Stanislav Gross. Pozvána byla také eurokomisařka pro regionální politiku Danuta Hübner a evropský komisař pro zaměstnanost, sociální záležitosti a rovné příležitosti Vladimír Špidla.

Tématem setkání byla komplexní modernizace výškových (panelových) domů a humanizace prostředí panelových sídlišť. Toto naléhavé téma, směřující k dlouhodobému zlepšení podmínek bydlení, se týká především nových členských zemí EU, v nichž v těchto lokalitách žije na 40 % městské populace. Konference ministrů, do jejichž kompetence bytová politika spadá, probíhá pravidelně již od konce osmdesátých let minulého století.

Na zasedání v italské Padově v listopadu 2003 bylo poprvé oficiálně přizváno také všech deset, tehdy kandidátských zemí EU. Nizozemsko pak vyzvalo Českou republiku, aby se stala první „novou“ členskou zemí, která tuto mimořádně prestižní akci uspořádá, a zdůrazní tak nové rozšíření rozměr EU. Ministerstvo pro místní rozvoj pak zahájilo přípravné práce, v jejichž rámci dohodlo s Nizozemskem finanční spolupráci ve výši 80 % celkových nákladů.

Dědictví panelových sídlišť je jedním z nejnaléhavějších problémů bydlení v celé Evropě. Studie nizozemského Ministerstva pro bydlení, územní plánování a životní prostředí ukázala, že hlavními problémy v zakládajících zemích EU jsou etnická a kulturní segregace obyvatel sídlišť. V nových členských zemích a kandidátských zemích EU takové problémy nejsou, studie však pojmenovává řadu závažnějších, jakými jsou údržba budov, potřeba modernizace, zadluženost, nedořešené parkování, špatný management nebo vysoké náklady na energii.



Panelové domy postavené v ČR v letech 1955 až 1990 jsou charakteristické četnými vadami, které vznikaly již

v projektové dokumentaci, ale zejména v důsledku nekvalitní práce při výrobě panelů a jejich montáži na stavbách. Byt v panelovém domě je svými parametry, velikostí i vybavením srovnatelný s byty v Evropě. Jde však o specifické vady technologie, kterou byly domy postaveny. Náklady na rekonstrukci jednoho panelového bytu se odhadují na 280 tis. Kč. Oprava více než milionu bytů, které v České republice tvoří plnou třetinu bytového fondu, by si vyžádala kolem 300 až 400 mld. Kč.

Dalším rozsáhlým problémem je nevhodné urbanistické řešení celých sídlišť s nevyhovujícím řešením dopravy, nedostatkem údržby volných ploch, nedostatkem zařízení občanského vybavení, ale také s nedostatkem pracovních míst nebo se špatnou návazností architektury a urbanismu sídliště na strukturu obce. V důsledku takových urbanistických řešení zažívají sídliště sociální, psychologické a demografické problémy. Do budoucna zde může vzniknout nepřirozená demografická skladba obyvatel, kteří mají výrazně omezený výběr trávení volného času. Problémem je i monotónní vzhled neudržovaných domů, což má na jejich obyvatele psychologické dopady.

S podobnými problémy se potýkají v celé Evropě. Výstavba sídlišť se zde rozvinula v poválečném období jako forma levného a účelného bydlení. Nevyhovující byty však začali nájemníci v sedmdesátých letech hromadně opouštět. Tento problém začali aktuálně řešit například ve východním Německu, kde hrozí, že z panelových sídlišť vzniknou slumy pro nejhudší vrstvy obyvatel.

V Německu, Dánsku nebo Rakousku proto stejně jako v ČR pomáhá rekonstruovat panelové domy stát. Oprava starého bytu vyjde výrazně levněji než výstavba nového. Němci odhadují, že během 10 až 15 let uvedou svá sídliště do stavu, který bude odpovídat jejich náročným požadavkům. Náklady by měly být zhruba čtvrtinové v porovnání s novostavbou.

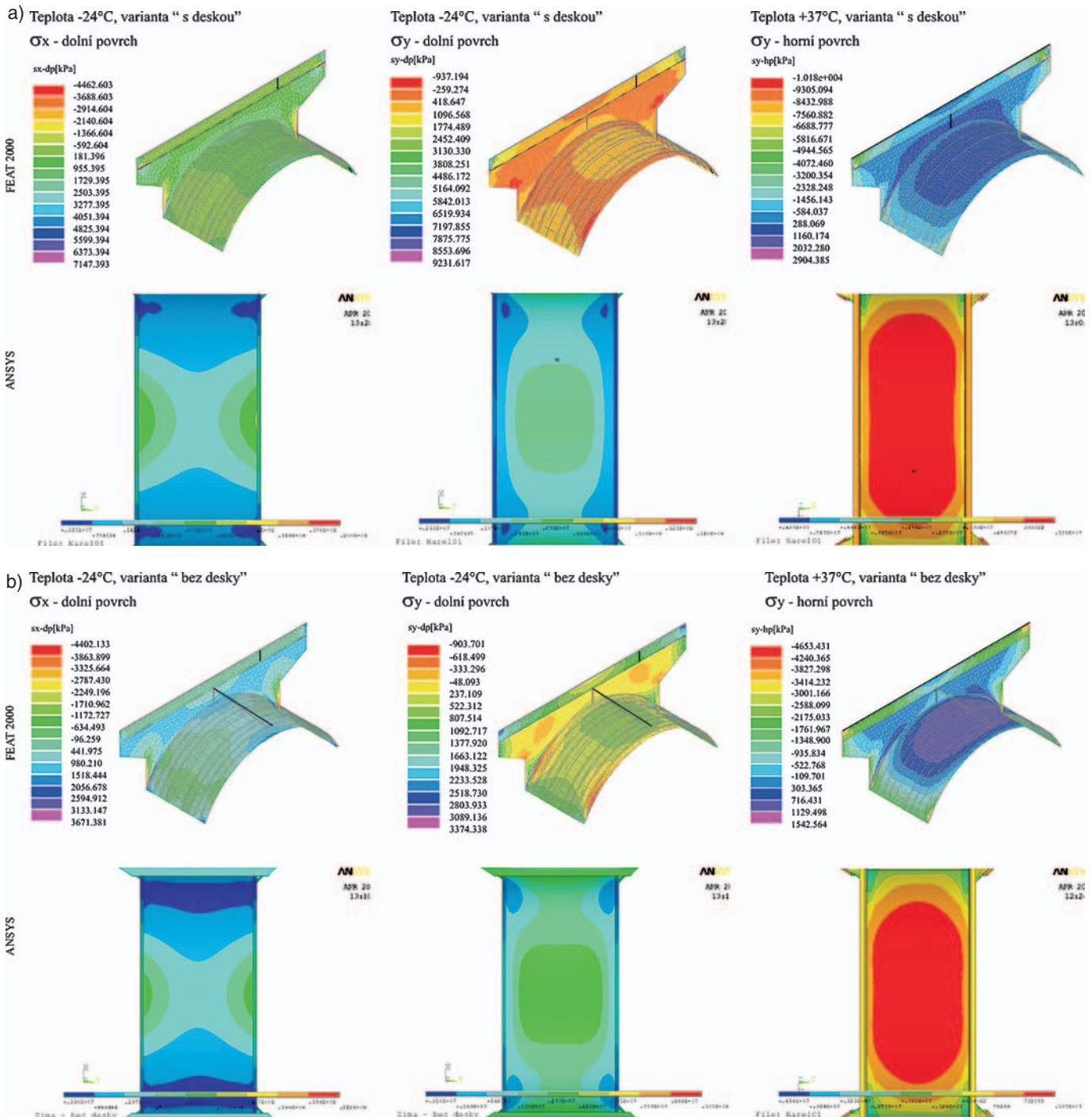
V loňském roce bylo v České republice pozastaveno vyhlášení některých podprogramů státní podpory bydlení. Důvodem bylo nutné uvedení těchto programů do souladu s přísnými evropskými pravidly. Každá státní, krajská nebo obecní podpora, není-li vyplácena přímo fyzickým osobám jako pomoc sociálního charakteru, musí být notifikována Evropskou komisí. Na základě jednání zástupců odboru bytové politiky Ministerstva pro místní rozvoj v Bruselu v únoru letošního roku mohou být pozastavené podprogramy znovu vyhlášeny. Jde konkrétně o podprogramy na podporu oprav vad panelové bytové výstavby, domovních olověných rozvodů a výstavby technické infrastruktury pro následnou výstavbu bytových a rodinných domů. Cílem je pomoci vlastníkům bytových domů postavených panelovou technologií při opravách nejzávažnějších vad způsobujících havarijní stav domu.

*Zpracováno podle tiskových informací
Ministerstva pro místní rozvoj*

Souhrnné hodnocení teoretického a experimentálního výzkumu Karlova mostu v letech 1994 až 2004

2. část

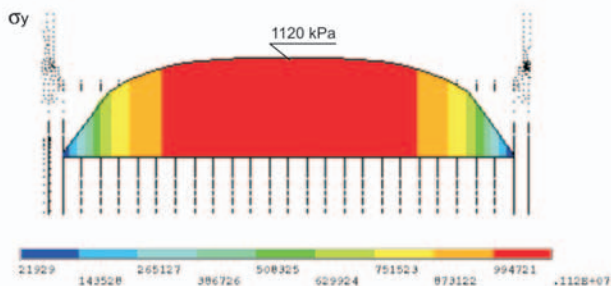
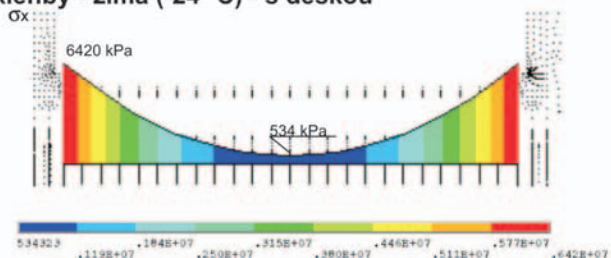
prof. Ing. Jiří WITZANY, DrSc., doc. Ing. Vojtěch MENCL, CSc.,
doc. Ing. Richard WASSERBAUER, DrSc., doc. RNDr. Miroslava GREGEROVÁ, CSc.,
RNDr. Pavel POSPÍŠIL, PhD., Ing. Tomáš ČEJKA, PhD., Ing. Radek ZIGLER,
doc. Ing. Alois Materna, CSc., Ing. Petr Cikrle, PhD., Ing. Jiří Brožovský, PhD.



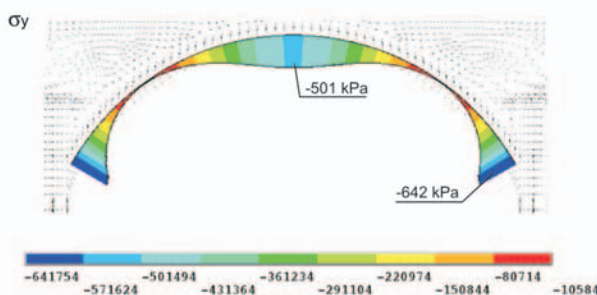
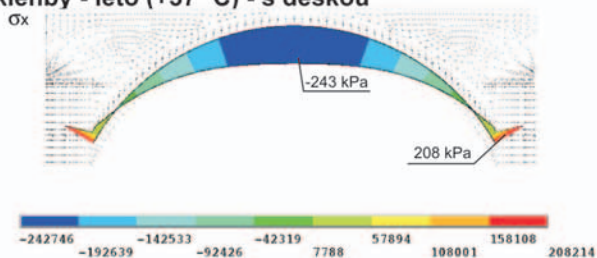
Obr. 14 Průběhy isolinií normálových napětí σ_x a σ_y na horním a spodním povrchu pískovcového klenbového zdiva od účinků teploty (zatěžovací teplota -24°C , $+37^{\circ}\text{C}$) vypočtené programovým systémem ANSYS a FEAT 2000 (materiálové charakteristiky zavedené do výpočtu viz Tab.5)

a) varianta s „železobetonovou“ deskou; b) varianta bez „železobetonové“ desky;

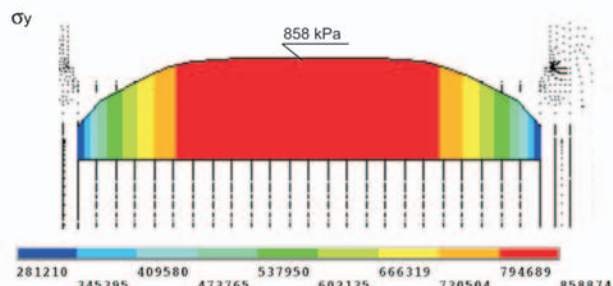
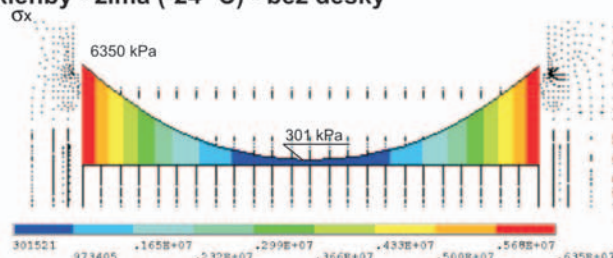
Průběhy napětí v příčném řezu ve vrcholu mostní klenby - zima (-24 °C) - s deskou



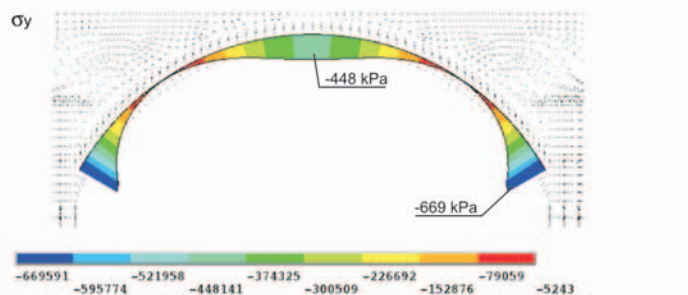
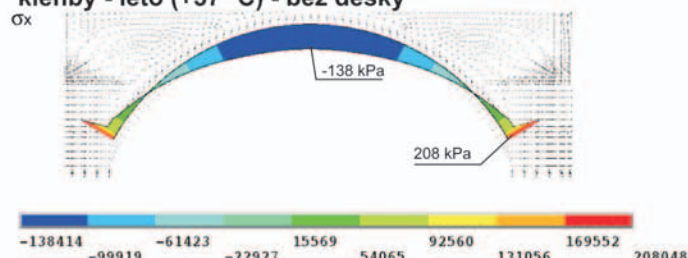
Průběhy napětí v podélném řezu v ose mostní klenby - léto (+37 °C) - s deskou



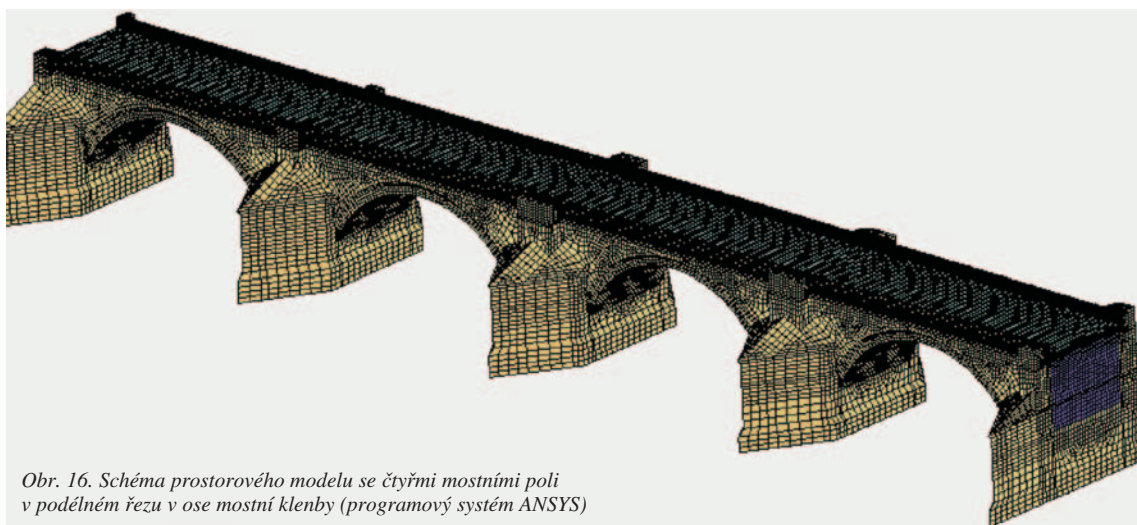
Průběhy napětí v příčném řezu ve vrcholu mostní klenby - zima (-24 °C) - bez desky



Průběhy napětí v podélném řezu v ose mostní klenby - léto (+37 °C) - bez desky



Obr. 15. Průběh napětí mostní klenby ve vybraných řezech (zima -24 °C, léto +37 °C, ANSYS)



Obr. 16. Schéma prostorového modelu se čtyřmi mostními poli v podélném řezu v ose mostní klenby (programový systém ANSYS)

STAVEBNÍ OBZOR

RO NÍK 14 ÍSLO 05/2005

Navigace v dokumentu

OBSAH

Musílek, J. – Vraný, T. Zatížení jeřábové dráhy z posobené píením mostového jeřábu	129
Broža, V. Povodň a politika	135
Danilevsky, A. Katastrofální povode na Rio Negro	138
Zadražil, T. – Vodák, F. – Klokočníková, H. Změny struktury a pevnosti betonu vyvolané tepelným namáháním	141
Jičínková, M. – Machonáková, E. – Padevět, P. – Černý, R. Základní mechanické, tepelné a vlhkostní parametry vysokohodnotného betonu	144
Tydlitát, V. – Tesárek, P. – Kunca, A. – Zuda, L. – Černý, R. – Rovnaníková, P. Vliv hydrofobizace na vlastnosti vápenné omítky s metakaolinem	150
Kropáč, O. – Múčka, P. Podélné nerovnosti vozovek – poznatky z rozsáhlých měření in situ	154

5 • 2005

ročník 14

STAVEBNÍ OBZOR

pozemní stavby
dopravní stavby
vodohospodářské stavby
geotechnika
konstrukce a materiály
technologie
životní prostředí
geodézie a kartografie
mechanizace
informatika
ekonomika
software



Fakulta stavební
ČVUT v Praze



Česká komora autorizovaných
inženýrů a techniků



Český svaz
stavebních inženýrů



Fakulta stavební
VUT v Brně



Fakulta stavební
VŠB TU-Ostrava

OBSAH

Musílek, J. – Vraný, T.

Zatížení jeřábové dráhy způsobené příčným mostového jeřábu 129

Broža, V.

Povodně a politika 135

Danilevsky, A.

Katastrofální povodeň na Rio Negro 138Zadrazil, T. – Vodák, F. –
– Klokočnicková, H.**Změny struktury a pevnosti betonu vyvolané tepelným namáháním 141**Jiříčková, M. – Mňahončáková, E. –
– Padevět, P. – Černý, R.**Základní mechanické, tepelné a vlhkostní parametry vysokohodnotného betonu 144**Tydlitát, V. – Tesárek, P. – Kunca, A. –
– Zuda, L. – Černý, R. –
– Rovnaníková, P.**Vliv hydrofobizace na vlastnosti vápenné omítky s metakaolinem 150**

Kropáč, O. – Můčka, P.

Podélné nerovnosti vozovek – poznatky z rozsáhlých měření in situ 154**CONTENTS**

Musílek, J. – Vraný, T.

Loading of the Crane Runway Caused by Skewing of the Bridge Crane 129

Broža, V.

Floods and the Politics . . 135

Danilevsky, A.

Catastrophic Floods on the Rio Negro 138Zadrazil, T. – Vodák, F. –
– Klokočnicková, H.**Changes in the Structure and Strength of Concrete Caused by Thermal Stress 141**Jiříčková, M. – Mňahončáková, E. –
– Padevět, P. – Černý, R.**Basic Mechanical, Thermal and Hygric Parameters of High Performance Concrete 144**Tydlitát, V. – Tesárek, P. – Kunca, A. –
– Zuda, L. – Černý, R. –
– Rovnaníková, P.**The Effect of Hydrophobization on the Properties of Lime Plaster with Metakaoline 150**

Kropáč, O. – Můčka, P.

Longitudinal Unevenness of Pavements – Knowledge Gained in Extensive in Situ Measurements 154**INHALT**

Musílek, J. – Vraný, T.

Belastung einer Kranbahn durch Schrägstellung eines Brückenkrans 129

Broža, V.

Hochwasser und Politik . . 135

Danilevsky, A.

Katastrophales Hochwasser am Rio Negro 138Zadrazil, T. – Vodák, F. –
– Klokočnicková, H.**Durch Wärmebeanspruchung hervorgerufene Änderungen der Struktur und Festigkeit von Beton 141**Jiříčková, M. – Mňahončáková, E. –
– Padevět, P. – Černý, R.**Grundlegende mechanische, wärme- und feuchtigkeits-technische Parameter hochwertiger Betons . . . 144**Tydlitát, V. – Tesárek, P. – Kunca, A. –
– Zuda, L. – Černý, R. –
– Rovnaníková, P.**Einfluss der Hydrophobierung auf die Eigenschaften von Kalkputz mit Metakaolin 150**

Kropáč, O. – Můčka, P.

Längsunebenheit von Strassen – Erkenntnisse aus umfangreichen Messungen in situ 154**REDAKČNÍ RADA****Předseda:**

prof. Ing. Jiří STUDNIČKA, DrSc.

Místopředseda:

doc. Ing. Alois MATERNA, CSc.

Členové:

Ing. Miroslav BAJER, CSc.

doc. Ing. Pavel HÁNEK, CSc.

Ing. Jiří HIRŠ, CSc.

doc. Ing. Vladimír JELÍNEK, CSc.

Ing. Jana KORYTÁROVÁ, PhD.

Ing. Karel KUBEČKA

Ing. Petr KUNEŠ, CSc.

doc. Ing. Ladislav LAMBOJ, CSc.

doc. Ing. Ivan MOUDRÝ, CSc.

doc. Ing. Jaroslav NOVÁK, CSc.

doc. Ing. Luděk NOVÁK, CSc.

doc. Ing. Miloslav PAVLÍK, CSc.

prof. Ing. J. PROCHÁZKA, CSc.

Ing. Vlastimil ROJÍK

Ing. Karel SVOBODA

doc. Dr. Ing. Miloslav ŠLEZINGR

Ing. Ludvík VÉBR, CSc.

doc. Ing. Josef VITÁSEK, CSc.

prof. Ing. Jiří WITZANY, DrSc.

Ing. Renata ZDAŘILOVÁ

STAVEBNÍ OBZOR, odborný měsíčník, vydává Fakulta stavební ČVUT Praha společně s Fakultou stavební VUT Brno, Fakultou stavební VŠB TU Ostrava, Českou komorou autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě a Českým svazem stavebních inženýrů. Řídí redakční rada, vedoucí redaktorka Marcela Klímová. Adresa redakce: Thákurova 7, 166 29 Praha 6, tel./fax: 224 354 596, klimova@fsv.cvut.cz, http://web.fsv.cvut.cz/obzor. Vychází každý měsíc kromě července a srpna, cena za výtisk je 40 Kč včetně DPH (+ poštovné a balné). Objednávky odběru i reklamace přijímá Ing. Milan Gattringer, MG DTP, Borovanská 3388, 143 00 Praha 4, tel./fax: 241 770 220, e-mail: mgdtp@volny.cz. Odběr je možné zrušit až po vyčerpání zaplaceného předplatného. Inzerce adresujte redakci. Technická redakce a realizace: Ing. Milan Gattringer. Podávání novinových zásilek povoleno Ředitelstvím pošt Praha, č. j. NP 144/1994, ze dne 21. 10. 1994. Do sazby 8. 4. 2005. Nevyžádané rukopisy se nevracejí.

INDEX 47 755, ISSN 1210-4027

Zatížení jeřábové dráhy způsobené přičením mostového jeřábu

Ing. Josef MUSÍLEK
doc. Ing. Tomáš VRANÝ, CSc.
ČVUT – Fakulta stavební
Praha

Během jízdy mostového jeřábu vznikají vodorovné síly mezi jeřábem a jeřábovou dráhou způsobené jeho přičením nebo zrychlením, popř. zpomalením. Pro odhad těchto sil existuje několik výpočetních postupů, které se liší z hlediska fyzikálního modelu i velikostí sil. Článek obsahuje přehled známých výpočetních postupů a jejich vzájemné porovnání.

1. Úvod

Pro určení vodorovných sil způsobených přičením mostového jeřábu existuje řada postupů, z nichž některé jsou uvedeny i v platných českých normách [1], [2], [3]. Jednotlivé postupy se přitom podstatně liší uvažovaným fyzikálním modelem i velikostí sil. K problematice přičení jeřábů bylo publikováno několik prací, ve kterých autoři odhadují silové účinky vznikající při pohybu mezi jeřábem a jeřábovou dráhou. Při řešení je vždy nutné přijmout určité předpoklady, které umožní exaktní řešení. A právě různé předpoklady vedou k rozdílným výsledkům. Rovněž se ukazuje, že vlastní pojem „přičení jeřábu“ není jednoznačně definován, a z porovnání různých výpočetních postupů vyplývá, že autoři mnohdy prezentují přičení jeřábu jako odlišné fyzikální děje. Toto je patrné například právě při současném zavádění nových výpočetních postupů v evropských normách, ve kterých je použit termín „skewing of crane“, čili šikmý běh jeřábu, místo dosud obvyklého chápání přičení jeřábu jako důsledku zpomalení jedné strany jeřábu proti straně druhé, např. vlivem odlišného svislého zatížení kol.

Postupy pro výpočet

Tento oddíl obsahuje přehled některých výpočetních postupů pro určení vodorovných sil mezi mostovým jeřábem a jeřábovou dráhou od přičení, na obr. 1 je pak přehled známých výpočetních modelů, kde L označuje rozpětí jeřábu a e jeho rozvor.

■ Výpočetní model podle ČSN 73 0035 [2] je na obr. 1a. Je zřejmé, že neodpovídá fyzikální podstatě přičení. Síla H_p se určuje ze vztahu

$$H_p = \lambda \cdot \Sigma P, \quad (1)$$

kde ΣP je součet kolových tlaků na více přitížené větvi jeřábové dráhy (pro krajní polohu kočky) od vlastní hmotnosti jeřábu, kočky a břemene;

λ – součinitel přičení, který se určí ze vztahu
 $\lambda = 0,025 \cdot L/e$, nejméně však $\lambda = 0,05$ a nejvýše $\lambda = 0,2$.

Postup podle [2] zřejmě vyšel z FEM Rules [11], ve skutečnosti se výrazně liší – jednak fyzikálním modelem přičení, jednak vzorcem pro výpočet příčné síly H_p , který je v [11] sice stejný, ale místo součtu sil ΣP se dosazuje pouze hodnota kolového tlaku jednoho kola, tedy P .

■ Obrázek 1b znázorňuje výpočetní model podle ČSN 27 0103 [3], který je shodný s modelem podle [11]. Výpočet podle tohoto postupu odpovídá představě, že jedna strana jeřábu předbíhá stranu druhou, např. vlivem nestejných kolových tlaků. Velikost vodorovné síly H_p se však shoduje s [2], počítají se tedy podle vztahu (1), což je proti [11] rozdíl. Z porovnání obr. 1a a obr. 1b je patrné odlišné působení sil H_p na dráhu.

■ Obrázek 1c ukazuje výpočet podle francouzských doporučení C.T.I.C.M. [4], která chápou přičení jeřábu tak, že se jedna strana jeřábu na jedné jeřábové větvi zpožďuje v jízdě proti straně druhé. Tím nákolky na zpožďující se straně dosednou na bok kolejnice a dochází ke vzniku vodorovných sil. Tento stav nastává například při rozjezdu jeřábu s kočkou a břemenem v krajní poloze, rozběh pohonů je na zatíženější straně pomalejší. Další příčinou zpoždění může být rozdílný průměr kol jeřábu. Při výpočtu se výrazně projeví vliv polohy kočky na velikost vodorovných sil od přičení.

Výpočet sil H_p

- Pro krajní polohu kočky $x \approx 0,1 \cdot L$ vyplývá

$$H = 0,0052 \cdot (K + N + 5 \cdot G) \cdot \frac{L}{e}, \quad (2)$$

- Pro případ, kdy se kočka nachází uprostřed rozpětí $x \approx 0,1 \cdot L$, lze použít vztah

$$H = 0,024 \cdot (K + N + G) \cdot \frac{L}{e}, \quad (3)$$

kde K je tíha kočky jeřábu, N nosnost jeřábu, G tíha jeřábu.

Pokud tuhost větvi jeřábové dráhy není shodná, přerozdělují se síly od přičení na jednotlivé větve podle vztahu (4), kde I_1 a I_2 jsou momenty setrvačnosti nosníků dráhy ve vodorovném směru a H_1 a H_2 jsou síly působící na jednotlivé nosníky

$$H_1 = \frac{2 \cdot H \cdot I_1}{I_1 + I_2}, \quad H_2 = \frac{2 \cdot H \cdot I_2}{I_1 + I_2}. \quad (4)$$

Na rozdíl od ostatních postupů [4] uvažuje současně přičení jeřábu a brzdění kočky. Vzorce (2) a (3) udávají pouze síly způsobené přičením jeřábu.

■ Na obrázku 1d je výpočetní model podle Chocharina [6], který dospěl k tomuto modelu a vztahům pro výpočet vodorovných sil způsobených přičením na základě výsledků experimentů. Rozděluje činitele, jež mají vliv na pohyb jeřábu, a tím i na velikost horizontálních sil, na takové, které:

- lze při analytickém řešení použít, např. poměr rozpětí jeřábu k jeho rozvoru, jeho nosnost a tuhost, tuhost konstrukce podpírající jeřáb;
- není možné určit analytickým výpočtem a jsou často náhodné. Sem patří stav dráhy a kol jeřábu, geometrie pojezdového ústrojí, pracovní režim apod. Tyto faktory Chocharin zahrnul do součinitelů, které určil statistickým zpracováním zjištěných hodnot.

Pro výpočet horizontální příčné síly v působišti kola jeřábu udává vztahy

$$H_{\max} = \mu \cdot \rho \cdot \frac{L}{e} \cdot P_{\max}, \quad H_{\min} = \mu \cdot \rho \cdot \frac{L}{e} \cdot P_{\min}, \quad (5)$$

kde μ je součinitel obtížnosti provozu, jehož velikost závisí na náročnosti provozu jeřábu, na jeho nosnosti, na způsobu zavěšení břemene apod. Je tabelován a jeho hodnota se pohybuje pro běžné jeřáby o nosnosti 5 až 30 t od 0,02 do 0,05;

P – kolový tlak;

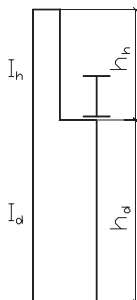
ρ – součinitel určený ze vztahu

$$\rho = \frac{L + e}{h_0 + 2 \cdot l}, \quad (6)$$

kde l je vzdálenost příčných vazeb haly (nosné konstrukce) a h_0 je určeno ze vztahu

$$h_0 = \frac{h_h \cdot I_h + h_d \cdot I_d}{I_h + I_d}, \quad (7)$$

kde h_h , h_d jsou délky sloupu příčné vazby nad jeřábovou dráhou (index h) a pod ní (index d), viz obr. 2, a I_h , I_d jsou momenty setrvačnosti sloupu příčné vazby nad jeřábovou dráhou (index h) a pod jeřábovou dráhou (index d), viz obr. 2.



Obr. 2. Veličiny I_h , I_d , h_h , h_d

Z uvedených vztahů vyplývá, že se ve výpočtu podle Chocharina uvažuje (byť zjednodušeně) vliv tuhosti konstrukce podpírající jeřáb na velikost sil od přičení.

■ Obrázek 1e ukazuje výpočetní model podle Hannovera [7]. Šipky vyznačují síly působící z dráhy na jeřáb. Smysl sil působících z jeřábu na dráhu je podle zákona akce a reakce opačný. Tento výpočetní model může teoreticky obsahovat nekonečný počet náprav jeřábu. Obrázek ukazuje jejich možné uspořádání včetně silových účinků mezi kolem a dráhou.

Na rozdíl od uvedených výpočetních postupů Hannover řeší naprosto odlišnou situaci pohybu, tzv. šikmý běh po jeřábové dráze. Podle jeho popisu se jeřáb pohybuje šikmo pod úhlem α . Na jedné větvi dráhy přední vodící prostředek (vodící kladka nebo nákokel) dosedne na bok kolejničky, čímž vzniká vodorovná příčná síla mezi tímto prostředkem a boční stranou kolejničky (vratná síla S). Tato vratná síla se snaží jeřáb natočit do směru dráhy. Při natáčení okolo středu otáčení vznikají v působištech kol třecí horizontální síly.

Hannover na základě kinematicko-statického řešení a předpokladu ideálně tuhého jeřábu a dráhy bez imperfekcí odvodil vztahy pro pohyb při šikmém běhu a velikosti sil, které při tomto jevu vznikají. Výsledky jeho experimentů jsou podkladem pro určení horizontálních sil na jeřábovou dráhu v předběžné ENV 1991-5 [1] a připravované EN 1991-3 [8].

Horizontální příčné síly při rozjezdu jeřábu, které vznikají vlivem nestejného zatížení kol a které byly v postupech podle obr. 1b a obr. 1c chápány jako „síly od přičení“, jsou v [1] přiřazeny účinkům vznikajícím při zrychlení a zpomalení jeřábu.

Řešení vodorovných sil pod koly jeřábu podle obr. 1e při šikmém běhu po dráze vycházejí z teorie odvalování kola po kolejničce, které současně prokluzuje v příčném a podélném směru. Síly X a Y , které vznikají pod koly jeřábu vlivem příčného a podélného prokluzu, se podle Hannovera určí ze vztahů

$$X_{i,j} = f_{i,j,x} \cdot P_{i,j}, \quad Y_{i,j} = f_{i,j,y} \cdot P_{i,j}, \quad (8)$$

kde P je svislé zatížení daného kola;

f – součinitel tření odvalujícího se kola, které současně prokluzuje v příčném a podélném směru;

i – číslo kolejničky;

j – číslo nápravy;

x – hodnoty v podélném směru kolejničky;

y – hodnoty ve směru příčném na kolejničce.

Velikost součinitele $f_{i,j,x}$, popř. $f_{i,j,y}$, určil podle lineární teorie skluzu ze vztahu

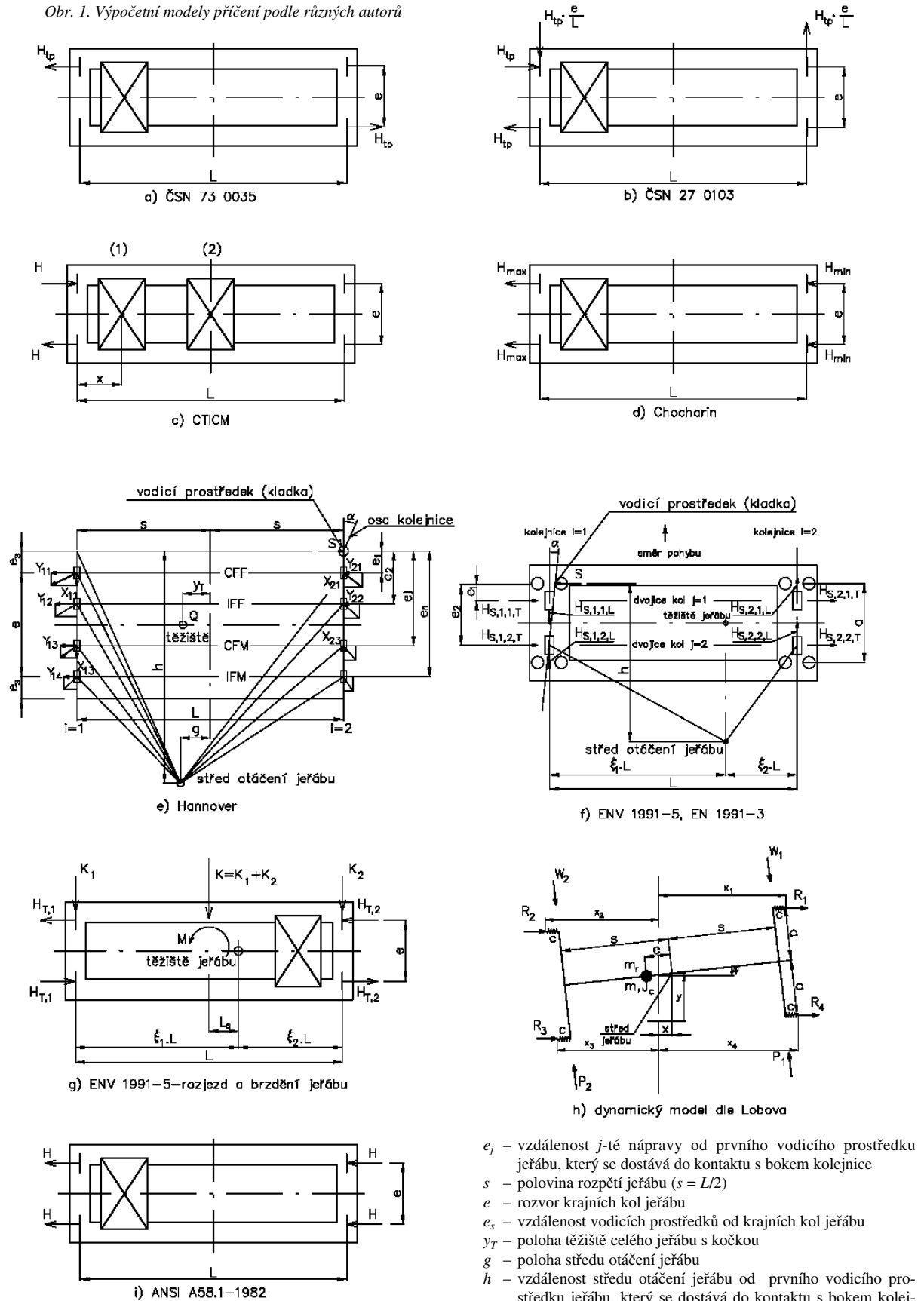
$$f_{x,y} = m \cdot \sigma_{x,y}, \quad (9)$$

kde m je míra stoupání přímky (doporučuje volit $m = \langle 40; 70 \rangle$), σ_x podélný a σ_y příčný skluz daného kola, který plyne z kinematického rozboru pohybu jeřábu při jeho šikmém běhu. Skluz je bezrozměrný.

Při řešení velikosti horizontálních sil působících na jeřáb při šikmém běhu Hannover rovněž vysledoval závislost velikosti těchto sil na uspořádání pojezdu a pohonu jeřábu. Označení možných kombinací uspořádání pohonů a pojezdů jeřábů podle ENV 1991-5 [1] je patrné z obr. 3. První znak v označení udává druh pohonu. Systém C značí spřažená kola jeřábu. Tento systém se používal v minulosti, kdy jeden elektromotor poháněl přes průběžnou hřídel kola na obou větvích jeřábové dráhy. Dnes se pro mostové jeřáby používá výhradně systém I, při kterém má každé kolo individuální pohon. Druhé dva znaky charakterizují kombinaci uložení jeřábových kol v konstrukci jeřábu v příčném směru. Systém F značí kolo v příčném směru vůči tělesu jeřábu neposuvné, systém M označuje kolo v příčném směru posuvné, a tudíž neschopné přenášet příčné síly mezi jeřábem a dráhou.

Označíme-li počet náprav n , počet párů kol s centrálním pohonem n_w , tíhu jeřábu zatíženého břemenem Q a ostatní veličiny podle legendy k obr. 1e, pak po vyjádření prokluzů v místě příslušných jeřábových kol a řešení podmínek rovnováhy dostáváme vztahy pro výpočet polohy středu otáče-

Obr. 1. Výpočetní modely přičení podle různých autorů



Legenda k obr. 1e:

- i – číslo kolejnice (první index u označení sil X a Y)
- j – číslo nápravy (druhý index u označení sil X a Y)

- e_j – vzdálenost j -té nápravy od prvního vodícího prostředku jeřábu, který se dostává do kontaktu s bokem kolejnice
- s – polovina rozpětí jeřábu ($s = L/2$)
- e – rozvor krajních kol jeřábu
- e_s – vzdálenost vodících prostředků od krajních kol jeřábu
- Y_T – poloha těžiště celého jeřábu s kočkou
- g – poloha středu otáčení jeřábu
- h – vzdálenost středu otáčení jeřábu od prvního vodícího prostředku jeřábu, který se dostává do kontaktu s bokem kolejnice a mezi ním a kolejnicí vzniká vratná síla S ; vodícím prostředkem může být nákok (v takovém případě je působící síly S totožné s polohou kola 1,1) nebo nezávislá vodící kladka)
- α – úhel šikmého postavení jeřábu na jeřábové dráze [rad]

	Kombinace dvojic kol		h
	spřažená (c)	nezávislá (f)	
pevný/pevný FF (fixed/fixed)			$\frac{m \xi_1 \xi_2 \ell^2 + \Sigma e_j^2}{\Sigma \theta_j}$
pevný/pohyblivý FM (fixed/movable)			$\frac{m \xi_1 \ell^2 + \Sigma e_j^2}{\Sigma \theta_j}$
h – vzdálenost mezi okamžitým středem otáčení a příslušnými vodicími prostředky m – počet spojených dvojic kol ($m=0$ pro nezávislé dvojice kol) ξ_1, ℓ – vzdálenost okamžitého středu otáčení od kolejnice 1 ξ_2, ℓ – vzdálenost okamžitého středu otáčení od kolejnice 2 ℓ – rozpětí jeřábu θ_j – vzdálenost dvojice kol j od příslušného vodicího prostředku			

Obr. 3. Kombinace uspořádání pohonu a pojezdu jeřábu

ní a pro výpočet horizontálních sil působících na jeřáb při šikmém běhu:

- pro jeřáb CFF

$$h = \frac{\sum_{j=1}^n e_j^2 + n_w \cdot (s^2 - y_T^2)}{\sum_{j=1}^n e_j}, \quad (10)$$

$$S = m \cdot \alpha \cdot Q \cdot \left(1 - \frac{\sum_{j=1}^n e_j}{n \cdot h}\right),$$

$$X_{1,2} = m \cdot \alpha \cdot \frac{Q}{n} \cdot \left(\frac{s^2 - y_T^2}{2 \cdot s \cdot h}\right),$$

$$Y_{1,j} = m \cdot \alpha \cdot \frac{Q}{n} \cdot \left(\frac{s + y_T}{2 \cdot s}\right) \cdot \left(1 - \frac{e_j}{h}\right),$$

$$Y_{2,j} = m \cdot \alpha \cdot \frac{Q}{n} \cdot \left(\frac{s - y_T}{2 \cdot s}\right) \cdot \left(1 - \frac{e_j}{h}\right),$$

- pro jeřáb CFM

$$h = \frac{\frac{s + y_T}{2 \cdot s} \cdot \sum_{j=1}^n e_j^2 + n_w \cdot (s^2 - y_T^2)}{\frac{s + y_T}{2 \cdot s} \cdot \sum_{j=1}^n e_j}, \quad (11)$$

$$S = m \cdot \alpha \cdot \frac{s + y_T}{2 \cdot s} \cdot Q \cdot \left(1 - \frac{\sum_{j=1}^n e_j}{n \cdot h}\right),$$

$$X_{1,2} = m \cdot \alpha \cdot \frac{Q}{n} \cdot \left(\frac{s^2 - y_T^2}{2 \cdot s \cdot h}\right),$$

$$Y_{1,j} = m \cdot \alpha \cdot \frac{Q}{n} \cdot \left(\frac{s + y_T}{2 \cdot s}\right) \cdot \left(1 - \frac{e_j}{h}\right),$$

$$Y_{2,j} = 0.$$

Pro jeřáby IFF, popř. IFM, jsou podélné síly $X_{1,2} = 0$. Síly $Y_{1,2}$ se určí stejně jako pro jeřáby CFF, popř. CFM, pouze se při výpočtu h dosadí za počet kol $n_w = 0$.

■ Na obrázku 1f je vidět výpočetní model jeřábu při šikmém běhu podle [1] a [8]. Šipky značí síly působící z jeřábu na nosník dráhy. Jak již bylo uvedeno, podkladem pro výpočet sil v [1] i [8] byla práce Hannovera. Mezi jeho teorií a

evropskými normami jsou pouze menší rozdíly. První spočívá v určení součinitele tření při šikmém běhu kola po jeřábové dráze. Zatímco podle Hannovera je tento součinitel tření reprezentován ve vzorcích (10) a (11) členem $m \cdot \alpha$, v evropských normách je tento člen nahrazen faktorem f , který se počítá ze vztahu

$$f_y = 0,3 \cdot (1 - e^{-250\alpha}). \quad (12)$$

Úhel šikmého postavení jeřábu α je dán vztahem

$$\alpha = \alpha_F + \alpha_V + \alpha_0, \quad (13)$$

kde α_F je úhel odvozený ze 75% vůle mezi vodicími prostředky jeřábu a kolejnicí;

α_V – úhel, který vychází z opotřebení vodicích prostředků;

α_0 – úhel, který charakterizuje imperfekce jeřábu.

Další rozdíl spočívá ve svislém zatížení, které vstupuje do vztahů (10) a (11). Zatímco u Hannovera je to celá tíha jeřábu Q včetně břemene, podle [1] se ve výpočtu uvažuje pouze součet maximálních kolových tlaků na více přitížené větvi (podle [1] značeno $\Sigma Q_{r,max}$). Přípravovaná norma [8] se však vrací k původní Hannoverově definici a ve vztazích se již znovu objevuje celá tíha jeřábu s břemenem. Vztahy pro výpočet horizontálních sil v [1] a [8] jsou až na uvedené rozdíly totožné se vztahy (10) a (11).

Schéma pro výpočet sil způsobených přičením, které se nalézá v normách [1] a [8], je shodné s obr. 1f až na směr sil $H_{S,1,2,T}$ a $H_{S,2,2,T}$, který je v normě zakreslen obráceně. Směr sil na obr. 1f je správný a v normě chybný. Schéma v normě totiž předpokládá, že jde o jeřáb IFF (s nezávislým pohonem kol, což dnešní typy obvykle splňují), který má vodicí prostředky před prvním kolem. Pro takový jeřáb vyjdou síly $H_{S,1,2,T}$ a $H_{S,2,2,T}$ záporné, jejich skutečný smysl tedy odpovídá obrázku v normě. To však neplatí pro ostatní případy. Správné je tedy vycházet ze schématu na obr. 1f a síly dosazovat podle znaménka.

■ Obrázek 1g znázorňuje výpočetní schéma pro výpočet vodorovných sil mezi jeřábem a jeřábovou dráhou vznikajících při rozjezdu a brzdění podle [1] a [8] (postupy jsou v obou normách shodné). Tyto síly sice ve výše popsaném smyslu nespádají do kategorie sil od přičení, svým charakterem jsou však podobné silám např. podle [3], proto je tento model v našem přehledu uveden. Vztahy pro jejich výpočet je možné nalézt v [1], popř. [8]. Neuvažují se současně se silami od přičení jeřábu (vyvozené šikmým během), a tudíž se nescítají.

■ V osmdesátých letech minulého století řešil přičení jeřábu N. A. Lobov [10]. Výsledky jsou na obr. 1h. K přičení přistupoval jako k dynamické úloze, kdy se mechanismus rozjíždí působením hnacích sil, a vyšetřoval jeho pohyb na dráze. Na koncích příčniců zavedl pružiny, které charakterizovaly ohybovou tuhost těchto příčniců a tuhost vodicích prostředků jeřábu. Výstupem z modelu byla soustava pohybových diferenciálních rovnic, ze kterých numerickým řešením vyšetřil pohyb jeřábu a z toho dále vodorovné silové účinky na jeřáb a dráhu. Lobovův model však nevede k rovnicím, pomocí nichž by bylo možné vodorovné síly od přičení jeřábu přímo vypočítat.

■ Obrázek 1i ukazuje výpočetní model podle americké normy ANSI/ASCE 7-88 [12]. Síla H_{ip} se určí podle vztahu

$$H = \frac{1}{4} \cdot 0,2 \cdot (K + N), \quad (14)$$

kde K je tíha kočky jeřábu, N nosnost jeřábu.

Je patrné, že při výpočtu příčných vodorovných sil na jeřábovou dráhu uvažuje pouze síly vyvolané brzděním kočky a vlastní přičení jeřábu neuvažuje.

Porovnání výpočetních postupů

Porovnány jsou výpočetní postupy pro sedm jeřábů nosnosti 32 t se dvěma hnanými koly a rozpětím od 11,2 do 29,1 m, rozvor e je téměř konstantní – od 4,4 do 4,5 m:

- a) příčné síly zatěžující nosník jeřábové dráhy:
- H_{ip} podle obr. 1a a obr. 1b;
 - H podle obr. 1c; v síle H nejsou zahrnuty síly vznikající od pojezdu kočky, které se podle normového postupu sčítají se silami od přičení;
 - H_{max} podle obr. 1d;
 - $H_{S,21,T}$ podle obr. 1f pro uspořádání kol IFF a CFF; více namáhaná větev jeřábové dráhy je $i = 2$ a opět se předpokládá vedení nákolky, proto $e_1 = 0$;
 - H_{T2} podle obr. 1g; dynamický součinitel ϕ_5 je uvažován hodnotou 1,5;
 - H podle obr. 1f;
- b) vodorovné ohybové momenty, které namáhají jeřábovou dráhu podle schémat na obr. 1. Nosník jeřábové dráhy se uvažuje jako prostý s rozpětím 12 m. Jeřáb se nachází v poloze, kdy na jeřábovou dráhu vyvozuje maximální svislý ohybový moment.

Obě porovnání jsou provedena v závislosti na poměru rozpětí jeřábu/rozvor jeřábu (L/e). Obrázek 4 uvádí výsledek porovnání vodorovných sil z bodu a), které současně vypovídá o poměru velikosti ohybových momentů pro krátké nosníky, kde největší moment nastává při působení jedné síly uprostřed nosníku jeřábové dráhy. Výsledek porovnání ohybových momentů pro dlouhý nosník podle bodu b) uvádí obr. 5.

Závěr

Z grafů je zřejmý poměrně značný rozdíl mezi jednotlivými výpočetními postupy. Vlivem odlišnosti fyzikálních modelů je nutné vždy porovnávat veličiny pro dílec či

součást, která je předmětem zájmu. Například pro dimenzování vodicích prostředků jeřábu je třeba porovnat příčné síly působící mezi jeho kolem a kolejnicí, pro dimenzování nosníku dráhy je však vlivem fyzikální odlišnosti modelů nutné porovnávat ohybové momenty, které na ni působí.

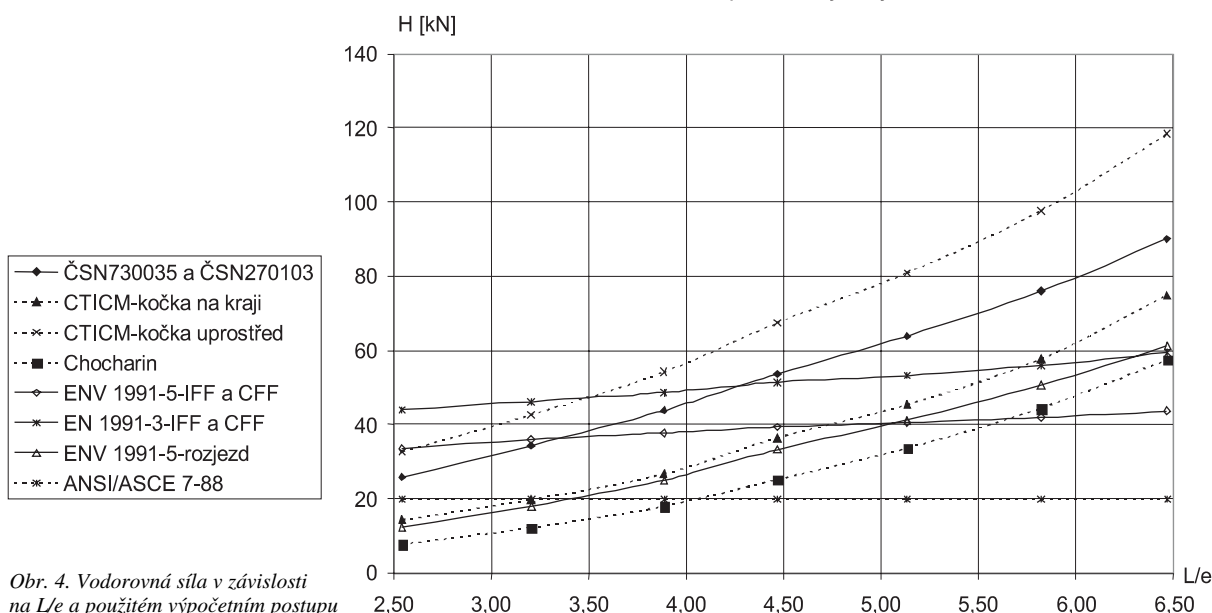
Postup podle předběžné evropské normy [1] vychází z fyzikálního modelu a byl ověřen a kalibrován experimenty [7]. Jeho výhodou je i to, že se při výpočtu sil rozlišuje druh pohonu jeřábu a uložení kol. Evropská norma [8] se v určování sil od přičení jeřábu shoduje s [1] až na velikost svislého zatížení, které vstupuje do výpočtu sil od přičení.

Z porovnání na obr. 5 je vidět, že v oblasti vyšších poměrů L/e dává výpočet podle ČSN 73 0035 proti EN 1991-3 vyšší hodnoty v namáhání nosníku dráhy, a to zejména pro jeřáby se samostatnými pohony (typ I). Naopak, pro jeřáby s pohonem C (spřažená kola) ČSN 73 0035 v oblasti vyšších poměrů L/e poměrně dobře koresponduje s EN 1991-3. Pro oblast menších poměrů L/e ČSN 73 0035 proti EN 1991-3 síly od přičení podhodnocuje.

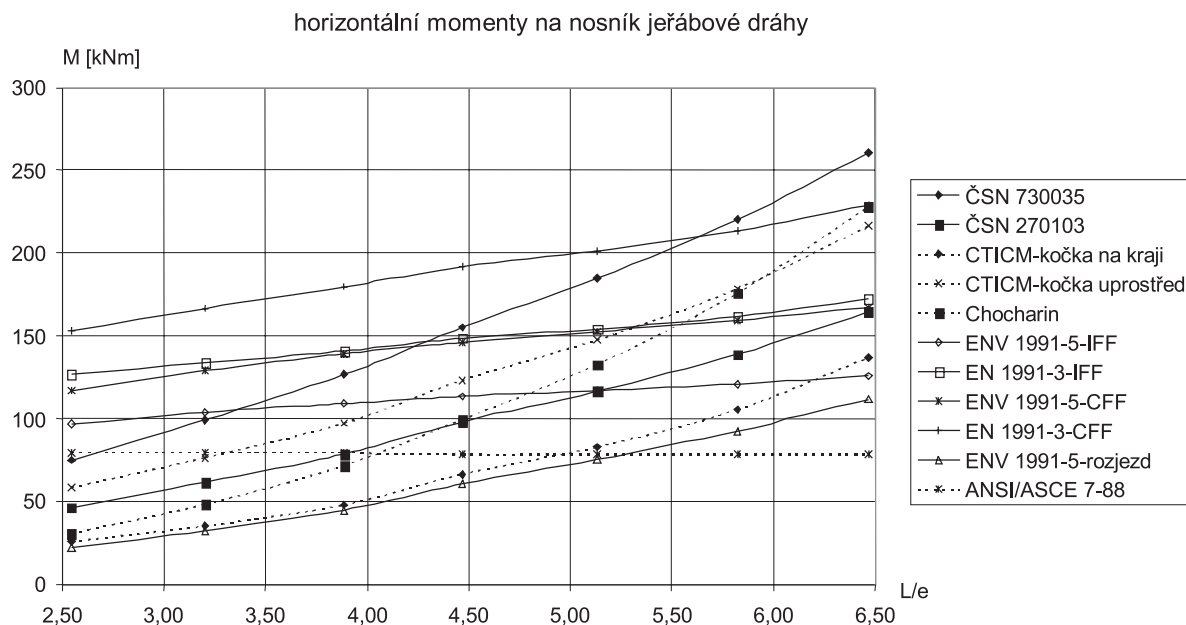
Z obrázků 4 a 5 je rovněž vidět, že vodorovné síly při výpočtu podle evropských norem nejsou příliš závislé na poměru L/e . Příčné vodorovné síly na první nápravě ve směru pohybu jeřábu při vedení nákolky se totiž s rostoucím rozpětím mění pouze v důsledku zvětšení vlastní tíhy jeřábu (tj. následně zvětšení kolových tlaků). Různé systémy pohonu kol při vedení nákolky se projeví na druhé nápravě (při systému IFF jsou tyto síly nulové). To je způsobeno tím, že vzdálenost středu otáčení jeřábu h není u systému IFF závislá na rozpětí jeřábu. Současně je patrné, že použití jeřábů se systémem pohonu C je nevýhodné nejen z hlediska složité konstrukce pohonu, ale i z důvodu vyššího namáhání nosníku dráhy. I proto se dnes u jeřábů výhradně používá systém pohonu I.

Z grafu je rovněž patrná konstantní křivka podle ANSI/ASCE 7-88. Jak již bylo řečeno, výpočet podle této normy má charakter výpočtu sil od brzdění kočky, a není tedy na poměru L/e závislý. Z toho též plyne, že pro větší hodnoty L/e výpočet podle této normy výrazně podhodnocuje síly vznikající od přičení jeřábu.

příčné síly na jeřábovou dráhu



Obr. 4. Vodorovná síla v závislosti na L/e a použitím výpočetním postupem



Obr. 5. Ohybový moment na prostém nosníku o rozpětí 12 m v závislosti na L/e a výpočetním postupu

Literatura

- [1] ČSN P ENV 1991-5 Zásady navrhování a zatížení konstrukcí – Část 5: Zatížení od jeřábů a strojního vybavení. ČSNi, 2000.
- [2] ČSN 73 0035 Zatížení stavebních konstrukcí. ÚNM, 1986.
- [3] ČSN 27 0103 Navrhování ocelových konstrukcí jeřábů. ÚNM, 1989.
- [4] Recommendations pour le calcul et l'exécution des chemis de roulement de ponts roulants. Projet de recommandation du C.T.I.C.M. Construction Métallique. No. 3, 1967, pp. 51–61.
- [5] Forestier, R.: Commentaires sur le calcul des efforts horizontaux dus aux roulants. Construction Métallique. No. 1, 1973, pp. 35–48.
- [6] Chocharin, A. Ch.: O bokových vozdejtstvijach mostovych kranov na karkas promyšlennoho zdaniya. Promyšlennoje stroitelstvo, 1961, No. 9.
- [7] Hannover, H. O.: Horizontalkräfte und Schrägstellungsverlauf an einem Brückenkran in der Beharungsfahrt. Stahl und Eisen. 1970, No. 26, pp. 1504–1510.
- [8] EN 1991-3 Actions on Structures – Part 5: Actions Induced by Cranes and Machinery. CEN, 2004.
- [9] Ferjenčík, P.: Skutečné pôsobenie plnostenných nosníkov žeriavových dráh. [Závěrečná správa], štátna výskumna úloha P 19-123-216-02/04. SVŠT, Bratislava, 1980.
- [10] Lobov, N. A.: Loads of an Overhead Travelling Crane Caused by Transverse and Rotatory Motions of the Bridge Girder. Vestnik Mashinostroeniya, 1982, Vol. 62, pp. 31–34.
- [11] FEM Rules. Rules for the Design of Hoisting Appliances. Fédération Européenne de la Manutention, 1970.
- [12] ANSI/ASCE 7-88. Minimum Design Loads for Buildings and other Structures U.S.A. ASCE, 1990.

Musílek, J. – Vraný, T.: Loading of the Crane Runway Caused by Skewing of the Bridge Crane

Horizontal loads between the crane and the runway girder occur during a motion of an overhead travelling crane on the crane runway. These loads can be caused by skewing, acceleration or braking of the crane. There are several procedures for determination of these horizontal loads varying both in the physical model and the magnitude of forces. This paper summarizes known models and includes their comparison.

Musílek, J. – Vraný, T.: Belastung einer Kranbahn durch Schrägstellung eines Brückenkran

Während der Fahrt eines Brückenkran auf der Kranbahn entstehen horizontale Kraftwirkungen zwischen dem Kran und der Kranbahn, die durch Schrägstellung oder Beschleunigung bzw. Verlangsamung des Krans verursacht werden. Für die Schätzung dieser Kräfte bestehen mehrere Berechnungsverfahren, die sich hinsichtlich des physikalischen Modells und der Größe der Kräfte unterscheiden. Der Artikel enthält eine Übersicht bekannter Berechnungsverfahren und deren Vergleich untereinander.

PŘEDPLATNÉ

časopisu Stavební obzor

je možné objednat vyplněním elektronického formuláře na internetu na adrese

<http://web.fsv.cvut.cz/obzor>

Povodně a politika

prof. Ing. Vojtěch Broža, DrSc.
 ČVUT – Fakulta stavební
 Praha

Příspěvek shrnuje události na nádržích vltavské kaskády za mimořádné povodně v srpnu 2002. Konstatuje skutečnosti, které prokazují, že retenční schopnost těchto nádrží v porovnání s parametry povodně byla velmi malá, což ostatně bylo odborně prokázáno již dříve. Proto dopady povodně nebylo možno zmírnit. Přesto se záležitost i nadále šetří a hledá se případný viník.

Od mimořádné povodně v povodí Vltavy v srpnu 2002, která bude trvale v obecné paměti jako přírodní katastrofa, která vážně postihla Prahu a zaplavila pražské metro, uplynula již poměrně dlouhá doba. Ani dnes však není možno považovat dramatické události tehdejších dnů za uzavřené, přestože v rámci rozsáhlého vládního úkolu týmy odborníků provedly souborné vyhodnocení příčin, průběhu a následků této povodně včetně návrhu příslušných opatření.

V polovině roku 2004 nejvyšší státní zástupkyně rozhodla pokračovat v šetření v kauze zaplavení pražského metra a v rámci toho i manipulací na vltavské kaskádě. S ohledem na skutečnost, že výsledky a závěry zmírněného vyhodnocení povodně byly již zveřejněny na jaře 2004, včetně internetu, upozornil jsem nejvyšší státní zástupkyni, že v rámci vyhodnocení bylo zvažováno více než 20 variant teoreticky možného počátečního stavu a manipulací na vltavské kaskádě a bylo prokázáno, že při tak extrémní povodni nádrže kaskády její průběh v Praze nemohly výrazným způsobem ovlivnit, tím méně zabránit zaplavení metra.

Reakce jejího úřadu na toto upozornění byla v zásadě odmítavá. Pověřený vyšetřovatel nadále hledal nezávislého experta. V médiích se objevila podivná (až urážlivá) informace, že většina odborníků-vodohospodářů je nějak spojena s Povodím Vltavy, s. p., a že je tudíž velmi obtížné vhodného experta najít. Za takového vývoje jsme usoudili, že zřejmě bude nejlepší nechat věcem volný průběh. Expert se nakonec našel a další šetření probíhají.

O co vlastně na Vltavě v srpnu 2002 šlo?

Mimořádná povodeň, která se ohlásila první vlnou 7. až 9. srpna, v Praze nikoho příliš nevzrušila, i když již v těchto dnech byla provedena plánovaná opatření na řece. Na Vodním díle Orlík však šlo o největší povodňový průtok za celé čtyřicetileté období provozu. Po krátkém období ústupu povodňových jevů se pak mimořádná povodeň rozvinula v plné síle.

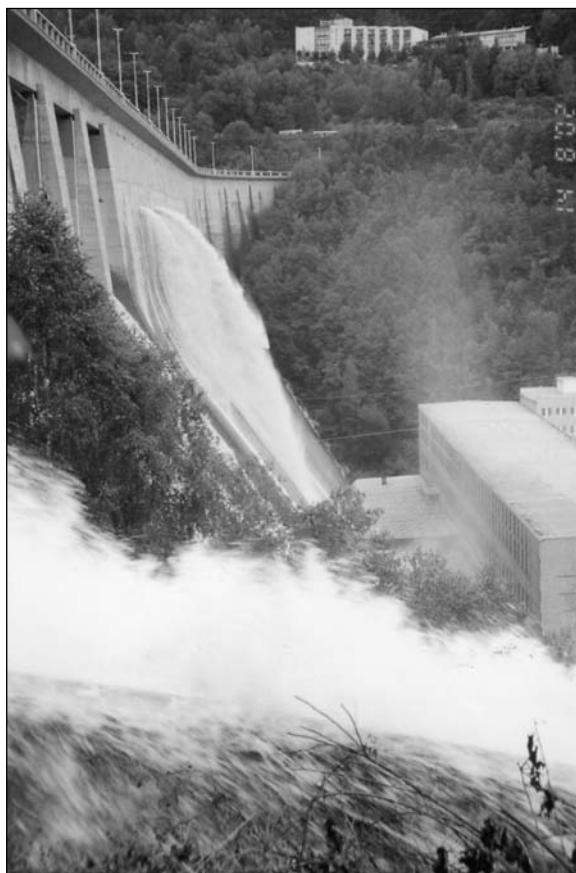
Nikde se tehdy příliš nerozšiřovalo, že po jistém nárůstu přepadového průtoku při nástupu povodně vlny na hladině v dolní vodě, tj. pod přehradou, způsobily postupné zaplavení elektrárny a výpadky soustrojí, což znamenalo úbytek $600 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ na kapacitě výtokových zařízení. Tak se stalo, že ani při plně vyhrazených uzávěrech přelivu nebylo možno udržet hladinu na předepsaném maximu. Došlo k živelnému překročení maximální hladiny téměř o 1,6 m a přelévání vody do vnitřních prostorů přehrady, dalšímu zaplavení

elektrárny (tentokrát z horní vody), vedení části průtoku objekty plavby atd.



Obr. 1. Vodní dílo Orlík za povodně 14. srpna 2002

Povodeň poškodila generátory soustrojí natolik, že později nestačilo jejich „vysušení“. Bylo nutno provést celkovou opravu, takže až v průběhu roku 2004 byly postupně uváděny znovu do provozu. Paradoxní je, že za povodně padaly kritické hlasy na adresu ČEZ, že v jejich zájmu se „držela“ hladina vysoko. Nikdo se však příliš nezabýval škodami v elektrárně ani ztrátami v důsledku výpadku výroby elektřiny.



Obr. 2. V době kulminace povodně na VD Orlík v srpnu 2002 voda živelně přepadala, popř. vytékala i mimo přelivná a výpustní zařízení

Skutečnost byla taková, že při nástupu první povodňové vlny byl volný objem v nádrži zhruba dvojnásobný, než předepisoval manipulační řád (jako dokument schválený státní správou a závazný pro provozovatele, jemuž stanoví, v jakých mezích v závislosti na průtokové situaci a funkcích nádrže se může pohybovat). I v době před druhou vlnou se podařilo vypouštěním uvolnit objem větší než předepsaný retenční objem.



Obr. 3. Povodeň v srpnu 2002 přinesla do orlické nádrže mimořádné množství splávi, které zůstalo zachyceno v nádrži. Tak se výrazně snížily ničivé účinky níže na toku.

Naopak v důsledku výpadku vodní elektrárny byla orlická nádrž přinucena zachytit výrazně větší část povodňového objemu, než by odpovídalo duchu manipulačního řádu. Pokud by nadále turbinami protékalo $600 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$, nikdo by si totiž nedovolil např. přivítit uzávěry přelivu. Nepřekročení předepsané maximální hladiny, bezprostředně ovlivňující bezpečnost vzdouvací stavby, je obecně chápáno jako kritérium s nejvyšší prioritou. Pak by asi maximální odtok z orlické nádrže byl větší než oněch $3\,100 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$, jak bylo zpětně vyhodnoceno.

Poměrně výrazný retenční účinek orlické nádrže byl překvapující a vyplynul právě z uvedeného překročení maximální hladiny, jemuž se nedalo zabránit. Dřívější řešení, zaměřená na povodňový režim Vltavy (v době uvádění VD Orlík do provozu), prokazovala, že velký objem mimořádných povodní velmi výrazně překračuje disponibilní objem nádrží Orlík a Slapy, a proto není reálné počítat s pozorovatelným účinkem kaskády ve prospěch snížení následků takových povodní. Proto se nadále počítalo s potenciálním přínosem nádrží hlavně v době nástupu povodní, aby se získal čas pro realizaci plánovaných operativních opatření.

Že ve veřejnosti bylo pěstováno povědomí, že díky výstavbě vltavské kaskády je Praha chráněna před povodněmi – v rozporu se závěry odborných studií? To zřejmě bylo v souladu se zájmy tehdejších politických struktur.

Při výšce přehrady přes 90 m překročení hladiny o $\sim 1,6 \text{ m}$, k němuž došlo, bylo možno považovat za stav, který nevzbuzoval obavy. Pracovníci Povodí Vltavy spolu se specialisty technicko-bezpečnostního dohledu (Vodní díla – TBD) ostatně v průběhu povodně pozorované kritické jevy soustavně posuzovali. Takový postup je možno hodnotit jako standardní a uplatňuje se při každé mimořádné situaci na významných vodních dílech. Je výsledkem ~ 50 let vývoje a zdokonalování systému péče o technický stav a bezpečnost staveb (TBD), které vzdouvají hladinu nad úroveň okolního území. Díky iniciativě vodohospodářů byl zakotven i v legislativě – konkrétně ve Vodním zákoně (1973, 2001) a příslušné prováděcí vyhlášce.

Při konkrétním uplatňování systému TBD se jde až tak daleko, že je známo, kdo jmenovitě je za stav bezpečnosti,

třeba Vodního díla Orlík, odpovědný – vedle obecné odpovědnosti dané majetkoprávní legislativou. Tento závazek je součástí pracovní smlouvy pracovníků příslušných organizací.

Systém péče o bezpečnost přehrad byl rozvíjen v souladu s celosvětovými poznatky v oblasti bezpečnosti vodních děl, zejména přehrad. Problematicke bezpečnosti přehrad se velmi intenzivně věnuje Mezinárodní přehradní komise (ICOLD), již je ČR (ČSR) členem v podstatě od založení před tři čtvrtě stoletím. Pro přehradáře je – vzhledem k potenciálním důsledkům – bezpečnost nadřazena nad technickými a technologickými otázkami.

V posledních desetiletích ICOLD rozvíjí úsilí zaměřené na snížení rizika porušení přehrad za mimořádných povodní. Odborná veřejnost u nás postupuje v souladu s těmito mezinárodními trendy. Dokladem může být nejen přehodnocení desítek vodních děl z hlediska tohoto rizika, ale také zpracování programů činností pro případ, že by hrozilo porušení vzdouvací stavby a náhlý postup akumulované vody níže po toku v podobě ničivé zvláštní povodně – samozřejmě v návaznosti na celostátní systém zvládnutí krizových situací. Tyto programy byly zpracovány v ČR do konce roku 2003. Důrazným podnětem pro jejich přípravu byla již mimořádná povodeň v roce 1997.

Ve vztahu k průběhu povodně na vltavské kaskádě v srpnu 2002 je možno shrnout:

- před nástupem povodně bylo naplnění nádrží v souladu s požadavky schválených manipulačních řádů – možno říci z hlediska povodní dokonce lepším;
- manipulace na nádržích probíhaly v duchu stanovených pravidel a v součinnosti s krizovými štáby, popř. povodňovými komisemi;
- v době kulminace povodně na VD Orlík v důsledku výpadku elektrárny zaviněného extrémními povodňovými jevy nebylo možno odtok z nádrže dále řídit, což však mělo příznivý účinek na maximální povodňový odtok;
- dodatečné podrobné hodnocení manipulačních možností nádrží na Vltavě za povodně v srpnu 2002 prokázalo, že na průběh povodně níže na toku nemohly mít patrný vliv;
- v průběhu povodně byly sledovány a vyhodnocovány jevy, které potenciálně mohly ovlivňovat bezpečnost vodních děl – v souladu s fungujícím systémem technicko-bezpečnostního dohledu na významných vodních dílech v ČR. Pokud hrozilo porušení, přijímala se opatření ke snížení ztrát na životech a majetku lidí (např. evakuace obyvatel ve Veselí nad Lužnicí a zesílení hráze rybníka Rožmberk za povodně).

Závěr

Že celá záležitost dosud nebyla uzavřena a že se nadále provádějí šetření? To v odborné sféře nemá odůvodnění a vysvětlení je asi třeba hledat ve zpolitizování problematiky. Tu si dovoluji připomenout název příspěvku (možná před 25 roky) tehdy mladého pracovníka vodohospodářského provozu v podnikovém časopise: „Mohou vodohospodáři opravdu za každou povodeň?“ Článek byl zřejmě napsán po zkušenostech v oblasti reakcí místních činitelů na škody a komplikace, které jim způsobila povodeň v povodí horního Labe. Snad není třeba dodávat, že v porovnání s povodněmi v období 1996–2002 to byla jen drobná epizoda.

Že by takový přístup byl pravidlem? Asi ano. Efektivnější a z hlediska škod a ztrát účinnější však vždy bude operativní

řešení problémů v průběhu povodňové katastrofy, cílevědomé uplatňování připravených opatření a odborné zásahy při výskytu nahodilých situací. Příkladem může být příspěvek A. Danilevského (nositele čestného doktorátu věd ČVUT) jako přímého účastníka a aktivního činitele za

extrémní povodně před léty v Uruguayi. Je možno v něm najít i příklad našeho omezeného poznání extrémních hydrologických jevů a také mimořádnosti situací, za nichž je nezbytné rozhodovat.

Broža, V.: Floods and the Politics

This paper sums up events on reservoirs of the Vltava River cascade in the extreme flood of August 2002. It states facts which prove that the retention capacity of these reservoirs was very low in comparison with the flood parameters, which had been proved earlier. That was the reason why the flood impacts could not be alleviated. In spite of that the events continue to be investigated and the potential guilty party is being sought for.

Broža, V.: Hochwasser und Politik

Der Beitrag fasst die Ereignisse an den Talsperren der Moldau-Kaskade während des außerordentlichen Hochwassers im August 2002 zusammen. Es werden Tatsachen festgestellt, die nachweisen, dass das Speichervermögen dieser Talsperren im Vergleich mit den Parametern des Hochwassers sehr gering war, was übrigens fachlich bereits früher bewiesen worden ist. Deshalb war es nicht möglich, die Folgen des Hochwassers zu vermindern. Trotzdem wird die Angelegenheit auch weiterhin untersucht und ein eventueller Schuldiger für das Hochwasser gesucht.

• výročí

Prof. Ing. Antonín Schindler, DrSc. – 85 let



Počátkem dubna letošního roku oslavil životní jubileum významný český odborník z oboru ocelových mostů a dlouholetý učitel Katedry ocelových konstrukcí ČVUT prof. Ing. Antonín Schindler, DrSc.

Profesor Schindler má velké zásluhy na rozvoji mostního stavitelství České republiky ve druhé polovině 20. století. V padesátých letech, kdy pracoval jako statik v Hutním projektu Praha, se podílel na projektu Žďákovského mostu přes řeku Vltavu, který s rozpětím 330 m patří dodnes k největším obloukovým mostům světa. Výpočet dvoukloubového oblouku teorií druhého byl tehdy průkopnickým a velmi praxním dílem.

Od roku 1958 pracoval prof. Schindler na Českém vysokém učení technickém v Praze na Katedře ocelových konstrukcí, kterou také po odchodu prof. Faltuse do důchodu v roce 1970 dalších deset let vedl. V odborné činnosti se zabýval hlavně optimalizací ocelových konstrukcí a smykovým ochabnutím nosníků se širokými pásy, jehož důsledky poprvé u nás uplatnil při návrhu dálničního mostu ve Velkém Meziříčí.

Vychoval celou řadu mostních inženýrů. Jeho žáci jsou v projektových a prováděcích firmách, ve správních orgánech a i všichni starší pedagogové katedry ocelových konstrukcí jsou jeho bývalými studenty.

Pracovat s profesorem Schindlerem byla radost. Jeho přístup k řešení odborných problémů byl skutečně inspirativní. Nesmírně příjemný byl také jeho optimistický pohled na život. Právě tato vlastnost ho udržuje v trvalé duševní svěžesti.

Tomáš Rotter

Tichá, T. a kol.

Slovník pojmů užívaných v právu životního prostředí

Arch, Praha, 2005, 96 s., cena 490 Kč

Publikace je společným dílem kolektivu odborníků zabývajících se dlouhodobě jednotlivými oblastmi práva životního prostředí. Komentáře k jednotlivým pojmům proto obsahují jak teoretické poznámky, tak zkušenosti s aplikací jednotlivých institutů práva životního prostředí souvisejících s daným pojmem. Cílem je umožnit snadnější orientaci v tak obsáhlém oboru, jakým je právo životního prostředí. Jelikož jde zároveň o obor, který zasahuje, resp. je úzce provázán s dalšími oblastmi (zejména správní právo, dále pak občanské právo, obchodní právo, ústavní právo, mezinárodní právo veřejné a některé další), je nezbytné při jeho studiu a aplikaci podchytit vzájemné vazby a souvislosti. Tím, že se autoři zaměřili i na přesah významu pojmů do mimoprávních oblastí, a zabývali se též pojmy, které nejsou běžně v právní mluvě používány (patří spíše do technických, přírodovědních a jiných oborů, nicméně právní předpisy s nimi pracují a je definují), bylo dosaženo skutečně celistvého pojetí díla.

www.eprdejna.cz

Katastrofální povodeň na Rio Negro v Uruguayi

prof. Ing. Alexander DANILEVSKY, DrSc., h. c.
New York, USA

Příspěvek se zabývá průběhem mimořádné povodně v povodí řeky Rio Negro v Uruguayi, jejími účinky na vybudovaná i rozestavěná vodní díla. Byla ohrožena přehrada Rincón del Bonete, poškozena vodní elektrárna, narušena výstavba dalšího stupně, a zejména rozvrácena výroba elektrické energie ve státě. Díky vstřícnosti představitelů státní elektrárenské společnosti a zahraniční dodavatelské firmy se v průběhu povodně dařilo řešit kritické situace a po dostavbě zmírnit tíživou energetickou situaci.

Úvod

Uruguay je malý jihoamerický stát – aspoň ve srovnání se sousední Argentinou a Brazílií: 176 120 km², 3 200 000 obyvatel (v r. 1959), z toho 35 % soustředěných v hlavním městě Montevideu. Charakteristická pro krajinu je travou porostlá pahorkatá planina. Na starších horninách spočívá více než 100 m mocná vrstva basaltu, na povrchu zvětralá do hloubky ~6 m. Vrstva úrodné půdy je velmi tenká. Podnebí je mírné, teplota klesá pod 0 °C v průměru jen po dva až tři dny v roce. Průměrné roční srážky činí 1 100 mm.

Převážnou část území státu tvoří povodí řeky Rio Negro, vytvářející od východu k západu jakousi územní osu, další významný tok Rio Uruguay, přicházející ze severu, tvoří hranici mezi Uruguayí a Argentinou.



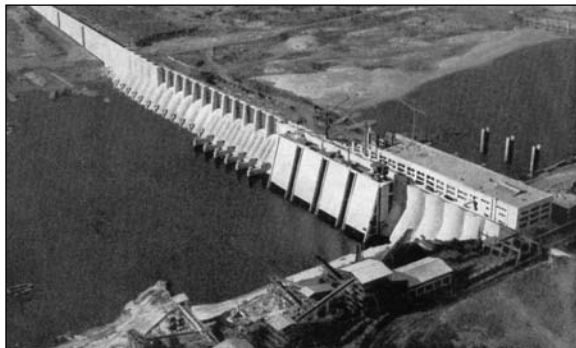
Obr. 1. Uruguay – povodí Rio Negro

Elektrickou energii (včetně rozvodu) zajišťoval státní monopolní podnik Administración de Usinas Eléctricas y Teléfonos del Estado (UTE). V pětičlenném direktoriu s předsedou a dvěma členy jmenovanými vládou zasedali

další dva členové z opozice. Hlavními zdroji elektřiny tehdy byly tepelné elektrárny – starší (30 MW) a nová (150 MW) a vodní elektrárna Rincón del Bonete (128 MW). Ve stavbě byla další vodní elektrárna na Rio Negro – Rincón de Baygorria (108 MW).

■ Rincón del Bonete

Vzdouvací stavba o výšce 40,8 m nad základovou spárou (35 m nade dnem řeky) a celkové délce 1 170,5 m je složena z více přehradních typů. Centrální část, dlouhá 399 m, je pilířová (typ Noetzli). Na pravém údolním svahu je zavázána gravitační sekcí (délky 53,5 m), rovněž na levém svahu je vybudována tížná betonová hráz (625 m) a na ni navazuje sypaná hráz dlouhá 93 m. Výšková kóta koruny přehrady je +83,4, poloha hladiny 80 m n. m. Předpokládalo se brzké zvýšení přehrady o 2,6 m (hladiny o 3 m), a zřejmě proto byla část v oblasti vodní elektrárny a přelivu vybudována již vyšší. Na pravém úbočí, v zákrutu toku, kde byly terénní deprese, byly vybudovány dvě vedlejší sypané hráze, první o výšce 1,7 m a délce 270 m, druhá o výšce 3,7 m a délce 390 m. Ty umožnily dosáhnout plánovaného vzduť vody.



Obr. 2. Přeprada Rincón del Bonete před dokončením

Korunový přeliv v údolní sekci přehrady byl vybudován jako hrazený: celkem 12 polí o šířce 12,5 m hrazených stavidlovými uzávěry o výšce 5 m. Jeho návrhová kapacita byla 2 000 m³s⁻¹. Při jejím stanovení se vycházelo z největší zaznamenané povodně 6 500 m³s⁻¹ a z odhadu tisícileté povodně 9 000 m³s⁻¹. Díky významnému transformačnímu účinku nádrže (při zatopené ploše 1 140 km², délce vzdutí 140 km a objemu 9·10⁹ m³) se uvažovalo o snížení kulminace povodně na 5 500 m³s⁻¹. To měla být v extrémním případě kapacita přelivu, návrhová hodnota byla ~2 000 m³s⁻¹.

■ Rincón de Baygorria

Stavba přehrady byla 84 km směrem po proudu Rio Negro od vodního díla Rincón del Bonete. V projektu byla navržena přehrada o délce 700 m, sestávající z údolní betonové části s přelivem a vodní elektrárnou, levobřežního napojení na údolní svah pomocí sypané hráze a na pravém břehu ze sekce pro projektovanou plavební komoru a z pravobřežní sypané hráze. Obdobně jako u výše položené nádrže se terénní snížení na pravém břehu přehrady přehradily pomocí vedlejších (obvodových) sypaných hrází.

Hrazený korunový přeliv byl navržen s propustnou schopností 9 000 m³s⁻¹, protože bylo nutno počítat s přínosem povodí mezi oběma přehradami. Konstruktivně byl rozčleněn

na devět přelivných polí o šířce 14 m a výšce 11,5 m hrazených segmentovými uzavěry. Pevná hrana přelivu byla na kótě 43,00, ~10 m nade dnem řeky, hladina měla běžně dosahovat úrovně 54 m n. m., za povodně až o 1 m více. V porovnání s nádrží Rincón del Bonete šlo o výrazně menší hlavní parametry: zatopená plocha 100 km², objem nádrže 147·10⁶ m³.



Obr. 3. Staveniště přehrady Rincón de Baygorria zaplavené povodní

Stavba přehrady byla svěřena podnikatelskému konsorciu Siemens Bauunion GmbH (vedoucí), Philip Holzmann AG a Gruen & Bilfinger AG. V první etapě výstavby byla zřízena jámka při levém břehu toku, pod jejíž ochranou byly provedeny výkopové práce a založena spodní stavba elektrárny a bloky přelivu. Poté byla jámka výrazně přestavěna a voda se nadále převáděla čtyřmi otvory (dočasně sníženými, nevybetonovanými, prahy přelivných polí). Dále pokračovala výstavbou jámkou i při pravém břehu. Pro tuto kritickou fázi na staveništi bylo hydraulickým výzkumem v laboratoři Technické univerzity v Karlsruhe stanoveno, že při dosažení průtoku 3 000 m³s⁻¹ bude hladina vody v toku pod stavbou +43,80 m n. m., vzdušné vody nad stavbou 45,28 m n. m. Tyto závěry se staly součástí technických podmínek výstavby, v nichž bylo také stanoveno, že při dosažení, popř. překročení takto specifikovaného povodňového stavu, přechází podnikatelské riziko ze stavebního konsorcia na investora (UTE).

Dosažení uvedených kót hladin bylo rozhodující i pro umělé zatopení stavebních jam z dolní vody prostřednictvím vybudovaných nouzových (zahrazených) otvorů. Tak se mělo zamezit jejich živelnému zaplavení se značným rizikem poškození jámky a velkého zdržení výstavby. Tato část smluvních podmínek se měla stát mimořádně významnou v průběhu výstavby.

Mimořádná povodeň v povodí Rio Negro

Předem je třeba připomenout, že Uruguay leží na jižní polokouli – aby uvedené časové údaje nevyvolávaly pochyby. Pro celou oblast jsou charakteristické meteorologické situace, kdy masy teplého vzduchu ze severozápadu se střetnou s chladným prouděním od jihovýchodu; v oblasti Rio de la Plata pak vydatně prší. V dubnu 1959 se tato situace vyskytla dvakrát za sebou a za pouhých deset dnů spadlo až 650 mm srážek. Nevídané povodně doprovázené zaplavením území postihly Uruguay a pohraniční provincie Argentiny a Brazílie. Na přehradách na Rio Negro se odehrálo pravé drama.

Již v průběhu léta 1959 v povodí Rio Negro vydatně přšelo. Nádrž přehrady Rincón del Bonete byla téměř plná, celé povodí značně nasycené. V době od 1. do 8. dubna úhrn srážek byl kolem 100 mm. Na stavbě v Baygorrii proběhla ve dnech 8. a 9. dubna velká voda, v následujících dnech však došlo k mírnému poklesu. Na přehradě Bonete bylo nutno pootevřít uzavěry, vypouštělo se nejprve 1 000 m³s⁻¹,

později plných 2 000 m³s⁻¹ (při plném vyhrazení uzavěrů). V noci z 12. na 13. dubna bouře nad Baygorrii přinesla dalších 100 mm srážek. Aby se ulehčilo situaci na stavbě, byl odtok z nádrže Bonete dočasně omezen, avšak po zjištění rychlého zvyšování hladiny (na kótu 81,00) bylo nutno uzavěry přelivu znovu otevřít. Ve večerních hodinách 13. dubna bylo všechno na stavbě nasazeno na záchranu stavebních strojů a materiálu. Ve 22,45 h se voda začala přelévat přes korunu jámkou, i když stanovené úrovně dolní vody +43,80 m n. m. ještě nebylo dosaženo. Vzdušná horní vody, způsobené zúžením jámkami a rozestavenými objekty, bylo zřejmě větší, než stanovil modelový výzkum v Karlsruhe. Vrchní inženýr stavby proto dal příkaz k zatopení stavebních jam, jak se ukázalo zcela oprávněně.

V dalších dnech průtok vody staveništem stoupl na 11 500 m³s⁻¹ a úroveň hladiny dosáhla 54,90 m n. m., pouze o 0,1 m méně, než byla projektová max. hladina nádrže. Hloubka vody nad korunou jámky dosáhla až 9 m, nad staveništem až 21 m. Ještě čtyřicet dnů po zatopení jámkových držel nad sjednanou hodnotou 3 000 m³s⁻¹. Teprve potom bylo možno přikročit k čerpání vody ze stavebních jam, odstranění přímých škod a obnovy stavebních prací.

Ve dnech po 13. dubnu se hlavní pozornost všech, včetně pracovníků stavebního konsorcia, přesunula na přehradu Rincón del Bonete. Tam již 14. dubna při maximální hladině v nádrži 81,22 m n. m. dosáhl odtok 6 500 m³s⁻¹. Přitom déšť neustával a stoupání hladiny nádrže pokračovalo. Za tohoto stavu se stalo aktuální celkové porušení přehrady;

- následně 17. dubna bylo evakuováno městečko Paso de los Toros (24 km níže po toku), obyvatelstvo podél toku bylo varováno jednak rozhlasem, jednak z vojenského letadla. Na přehradu byla přivolána pomoc ze stavby Baygorria (odborníci, velký počet dělníků, stavební stroje). Koruna přehrady byla provizorně zvýšena na kótu 84,30;

- v prvních minutách dne 18. dubna dosáhla hladina nádrže 82,65 m n. m. Za dalších 24 h stoupla o 0,58 m a v nádrži se zachytilo dalších 870·10⁶ m³ vody; přítok dosáhl 15 000 m³s⁻¹;

- 19. dubna bylo rozhodnuto vytvořit umělou průrvu v jedné z vedlejších sypaných hrází na pravém břehu na obvodu nádrže. Opatření se ukázalo jako málo účinné, protože kapacita průrvy o šířce 60 m nebyla dostačující;

- 20. dubna pronikla voda do elektrárny a zaplavila ji. Obnovení provozu si vyžádalo celý rok;

- 21. dubna – nezávisle na povodni – bylo nutno pro zjištění trhliny odstranit soustrojí tepelné elektrárny (50 MW), čímž se celkově nepříznivá situace v zemi dále zkomplikovala;

- 22. dubna dosáhla hladina nádrže Bonete 0,6 m nad zvýšenou korunu přehrady, takže po celé délce došlo k přepadu vody a erozivním účinkům u vzdušní paty. Proto bylo rozhodnuto zvýšit kapacitu umělé průrvy na pravobřežním obvodu nádrže. Stalo se tak 23. dubna, kdy skupina pracovníků stavby Baygorria trhavinou zvětšila umělou průrvu. Do prací bylo nutno zapojit dva vrtulníky. V té době byl přítok do nádrže odhadován na 18 000 m³s⁻¹, hladina dosáhla kóty 85,01;

- teprve 28. dubna ustalo přelévání koruny přehrady a hladina v nádrži dále klesala. K porušení přehrady nedošlo.

Následky povodně

Škody na hospodářství státu a majetku občanů byly ohromné – vždyť polovina rozlohy Uruguaye byla po řadu

dní pod vodou. Přímo katastrofální byla situace v zásobování elektrinou, v důsledku úbytku celkového výkonu téměř o 60 %. Hlavní město Montevideo, které spotřebovávalo 80 % vyrobené energie, bylo postiženo zvlášť tíživě. Průmyslové podniky a živnosti musely omezit výrobu, veřejné osvětlení bylo utlumeno na minimum. Přešlo se na svícení kerosenovými lampami. V domech na chodbách i v úřadech se nesvítilo. S nastupující zimou se situace dále horšila.

Na stavbě přehrady Rincón de Baygorria došlo v souladu se smlouvou k úpravě lhůty uvedení do provozu. Byla prodloužena o 98 dnů. Nový termín ukončení stavby připadl na závěr dalšího zimního období. Montevideu hrozila další zima potmě. Proto se direktorium UTE obrátilo na stavební konsorcium s dotazem, zda by bylo možno zkrátit nově sjednaný termín výstavby o dva měsíce. Odpověď byla kladná, zrychlení výstavby by však znamenalo zvýšení výdajů: práce ve více směnech, o sobotách a nedělích, rozšíření strojního parku, popř. získání dalších kooperujících subjektů.

Vedení konsorcia logicky podmínilo zkrácení lhůt výstavby pokrytím prokazatelných zvýšených výdajů. Zákon o veřejných pracích v Uruguayi však tehdy prémie za zkrácení termínů neuvažoval.

Optimistický závěr

Jednání mezi direktoriem UTE a představiteli stavebního konsorcia přes některé překážky dospělo k dohodě. Konsorciu byl přiznán podstatný podíl a vyčíslené sumy na pokrytí zvýšených výdajů. První generátor elektrárny Rincón de

Baygorria byl slavnostně dán do provozu 8. července 1960, deset dnů před nově dohodnutým zkráceným termínem.

Literatura

- [1] Sonderegger, A.: Die Elektrizitätswirtschaft von Uruguay. Zurich, Wasser und Energiewirtschaft 1959.
- [2] Meyer, L.: Die Hochwasserkatastrophe in Uruguay. Neue Zürcher Zeitung, d. 3. Juni 1959.
- [3] Hareau, A.: Usina Hidroeléctrica en Rincón de Baygorria. Montevideo, UTE 1960.
- [4] Danilevsky, A.: Central hidroeléctrica en el Rincón de Baygorria. Revista Electrotécnica, Buenos Aires, Octubre de 1961.

Závěrečná poznámka

Vzájemné ovlivnění stavby a provozu vybudovaného vodního díla, násilné zásahy pomocí trhavin a jiné improvizované zákroky, zvýšení nákladů výstavby, úpravy termínů dokončení atd. – to vše v rámci extrémních škod na majetku způsobených povodní – to by byla jistě dostatečná motivace k vyšetřování. Základem řešení krizových stavů v průběhu povodně však byla důvěra v odbornou kvalitu přizvaných pracovníků (i zahraničních) a snaha o racionální dohodu.

Je vhodné doplnit, že o úspěšnou dohodu o zkrácení výstavby vodního díla se jako znalec místních poměrů zasloužil autor příspěvku, absolvent ČVUT A. Danilevsky.

V. Broža

Danilevsky, A.: Catastrophic Floods on the Rio Negro, Uruguay

This article describes the course of the extreme flood in the river basin of the Rio Negro River in Uruguay and its effects on the completed, as well as partially built water works. The dam of Rincón del Bonete was at risk, the water power plant was damaged, the construction of a next section, and, most importantly, the power production in the country were disrupted. Thanks to the helpfulness of the representatives of the state-owned power production company and foreign supply house, critical situations arising during the flood were solved, and the grave energy situation was alleviated.

Danilevsky, A.: Katastrophales Hochwasser am Rio Negro in Uruguay

Der Beitrag befasst sich mit dem Verlauf eines außergewöhnlichen Hochwassers im Flussgebiet des Flusses Rio Negro in Uruguay und seinen Auswirkungen auf gebaute und im Bau befindliche Wasserbauwerke. Es war die Talsperre Rincón del Bonete gefährdet, ein Wasserkraftwerk wurde beschädigt, der Bau einer weiteren Staustufe gestört und insbesondere die Erzeugung von Elektroenergie im Lande zerrüttet. Dank des Entgegenkommens der Vertreter der staatlichen Kraftwerksgesellschaft und einer ausländischen Lieferfirma ist es im Laufe des Hochwassers gelungen, die kritischen Situationen zu bewältigen und nach dem Fertigbau die beklemmende energetische Lage zu mildern.

Skopec, J.

Bezbariérové řešení staveb

2., upravené a doplněné vydání

Arch, Praha, 2005, 96 s., cena 190 Kč

Publikace je určena všem, kteří se zúčastňují procesu výstavby, tj. investorům, projektantům, pracovníkům stavebních úřadů včetně speciálních stavebních úřadů (pro stavby letecké, drah a na dráze, pozemních komunikací, vodohospodářské a telekomunikační), vojenských a jiných stavebních úřadů a dále odborníkům z praxe i ostatním zájemcům k podrobnější orientaci v problematice tvorby bezbariérového životního prostředí z hlediska potřeb osob se sníženou schopností pohybu a orientace. Při zpracování publikace byla využita stanoviska, vysvětlivky a doporučení jak ze strany orgánů státní správy, tak i občanských iniciativ zdravotně postižených občanů. Obsahuje návrhy detailů stavebních úprav doplňující požadavky uvedené v jednotlivých paragrafech vyhlášky a bodech příloh k této vyhlášce, které by měly být obsahem příslušných norem, a úplné znění vyhlášky a jejích příloh s nezbytnými vysvětlivkami a obrázky. Připomínky a náměty ze strany jejich uživatelů mohou být podnětem pro návrhy úprav a doplňků legislativy, týkající se dané problematiky.

Změny struktury a pevnosti betonu vyvolané tepelným namáháním

Ing. Tomáš ZADRAŽIL
 prof. František VODÁK, DrSc.
 Mgr. Hana KLOKOČNÍKOVÁ, CSc.
 ČVUT – Fakulta stavební
 Praha

Změny tlakové pevnosti betonu vyvolané tepelným namáháním jsou interpretovány v termínech změn fázového složení a porézní struktury materiálu.

Úvod

Je všeobecně známo, že tlaková pevnost P zatvrdlých cementových past (HCP) z portlandského cementu, a také betonu na bázi tohoto cementu, se podstatně mění s rostoucí teplotou T [1], [2], [3]. Závislost $P = P(T)$ přitom nemá jednoduchý charakter klesající funkce, ale relativně komplikovaný charakter s odlišnými tendencemi v teplotních intervalech $\langle 20, 100 \rangle$, $\langle 100, 300 \rangle$ a $\langle 300, 1\ 000 \rangle$ °C. Při zvyšování teploty do 100 °C pevnost klesá v důsledku vzrůstu zdánlivé poréznosti (tj. díky vzniku mikrotrhlin). V následujícím teplotním intervalu ovšem může pevnost vzrůstat, protože dochází nejdříve k uvolňování volné vody a při teplotách nad 200 °C také vody vázané. Vzrůstající pohyblivost molekul H_2O tak vede k růstu stupně hydratace, a tím i pevnosti materiálu. Tento efekt se výrazně uplatňuje u materiálů, jejichž stáří je menší než 90 dní. Jde v podstatě o stejný mechanismus zpevnění, k jakému dochází při propařování betonu [4], [5]. Při teplotách vyšších než 300 °C pevnost nevratně klesá až k zanedbatelným hodnotám kolem 900 °C (řídícím mechanismem je jak rozklad hydrátů, tak vznik mikrotrhlin).

Zhoršení mechanických vlastností HCP, které je vyvoláno teplotou, je determinováno především změnou fázového složení této látky, a pak vznikem mikrotrhlin, které zvětšují zdánlivou poréznost. U betonu se tyto základní vlivy mohou rozšířit ještě o dva další, a to o narušení přechodové fáze mezi kamenivem a HCP, které je způsobeno odlišnou tepelnou roztažností, a o fázovou změnu křemene z triklinické krystalové soustavy do soustavy hexagonální, ke které dochází při cca 575 °C. Tato fázová transformace je provázena vzrůstem měrného objemu SiO_2 , a může tedy opět vést ke změně struktury pórů.

Výsledky

Článek si klade za cíl interpretovat výsledky změn

Složka	Hmotnost [%]
cement	20,72
voda	8,93
plastifikátor	0,12
kamenivo	–
0 – 4	29,27
8 – 16	19,09
16 – 32	21,87

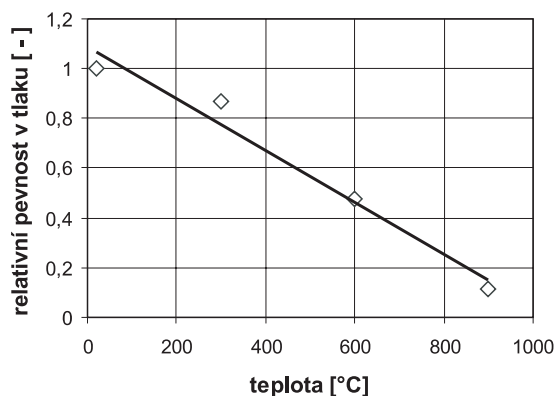
Tab. 1. Složení betonové směsi

Tab. 2. Složení portlandského cementu 42,5

Složka	Hmotnost [%]
alit C3S	69,0
belit C2S	11,9
celit C3A	7,5
ferrit C4AF	11,6

$P = P(T)$ publikované v [5] v termínech změn fázového složení a struktury pórů betonu užitého při stavbě kontejneru jaderné elektrárny Temelín (složení betonové směsi je uvedeno v tab. 1 a mineralogické složení cementu v tab. 2). Změny fázového složení byly studovány rentgenovou difrakční analýzou, provedenou v Geologickém ústavu AV ČR, a změny zdánlivé poréznosti rtuťovou porozimetrií, provedenou v Ústavu chemických procesů AV ČR.

Zkoušky tlakové pevnosti, rentgenová analýza a měření poréznosti probíhaly na vzorcích stáří 180 dní, u kterých se už neprojeví zpevnění v intervalu teplot $\langle 100, 300 \rangle$ °C. Vzorky byly zatěžovány příslušnou teplotou 2 hodiny v peci s programovatelným regulátorem (rychlost zahřívání byla 100 °C za 15 minut, rychlost chladnutí byla 100 °C za 30 minut). Po vychladnutí byly provedeny mechanické zkoušky a fragmenty materiálu analyzovány uvedenými postupy. Závislost relativní pevnosti v tlaku na teplotě je patrná z obr. 1. Je to klesající hladká funkce rychle se blížíci nule pro teploty kolem 1 000 °C.

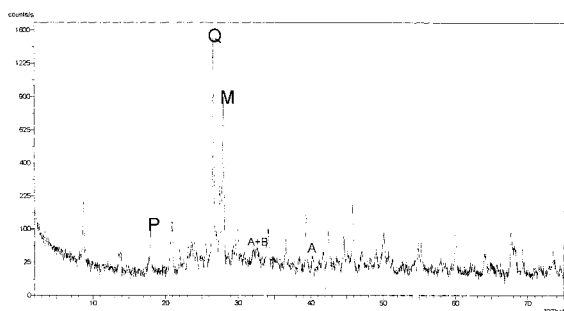


Obr. 1. Závislost relativní pevnosti v tlaku na teplotě pro beton starý 180 dní

Řídícím hydratačním procesem je reakce alitu C_3S (případně belitu C_2S) s vodou, při které vzniká hydrosilikát vápenatý $C-S-H$ a portlandit (hydroxid vápenatý $Ca(OH)_2$). $C-S-H$ má ovšem amorfni strukturu tobermoritového gelu, nemůže být tedy rentgenovou analýzou identifikován, a proto se vzrůst nebo pokles jeho obsahu v materiálu sleduje nepřímou, a to jednak vzrůstem nebo poklesem krystalického portlanditu, jednak poklesem nebo vzrůstem vstupních krystalických složek cementového slínku, tj. alitu a belitu. Minimální hodnoty těchto látek odpovídají vysokému stupni hydratace, zvýšení těchto hodnot naznačuje, že dochází k rozkladu hydrátu $C-S-H$.

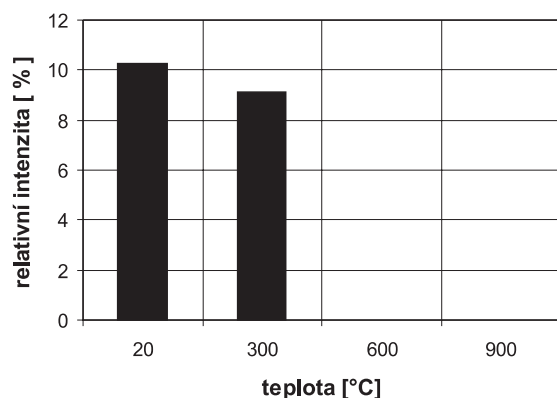
Kvalitativní rentgenová analýza vychází z jednoduché hypotézy – relativní intenzita difrakční čáry odpovídající určité krystalické látce je úměrná koncentraci této látky v materiálu (není to však úměra lineární). Jak jsme již uvedli, tato analýza se obvykle provádí u HCP, kde na většině difraktogramů vystupují pouze čáry odpovídající portlanditu, alitu, belitu a kalcitu. Protože jsme však této analýze

podrobili beton, je difraktogram daleko barvitější (typická ukázka je na obr. 2) a jeho interpretace je náročnější. Na difraktogramech betonu uchovávaného při teplotě 20 °C odpovídá nejintenzivnější čára křemenu, a téměř stejně intenzivní je čára odpovídající slídě. Dají se zde také objevit živce (draselné a sádrovápenaté). Všechny tyto krystalické látky obsahuje kamenivo užitá ve zkušebním betonu. Z krystalických fází HCP je relativně silně zastoupen portlandit (cca 10 %, bereme-li nejintenzivnější čáru jako 100 %). Zastoupeny jsou také alit + belit a kalcit, i když v míře podstatně menší (cca 4, resp. 2 %).



Obr. 2. Difraktogram betonu při pokojové teplotě
Q – křemen, M – slída, P – portlandit, A – alit, B – belit

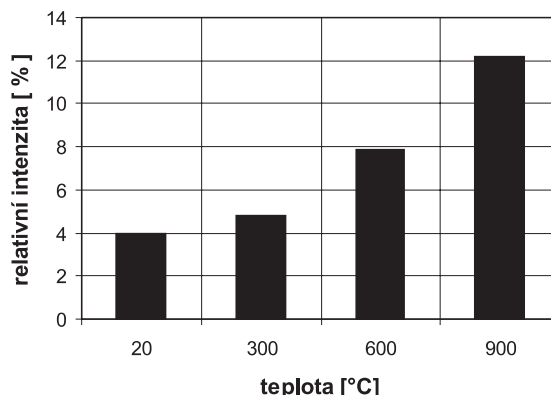
Difraktogramy betonu vystaveného tepelnému namáhání při 300 °C se od výsledků již diskutovaných příliš neliší. Nově se objevuje marginální obsah celitu C₃A a obsah portlanditu nevýrazně klesl. Toto tepelné zatížení tedy fázové složení betonu prakticky nezměnilo. Podstatné změny ovšem vykazují difraktogramy betonu, který byl zatížen teplotou 600 °C. Zcela vymizí čáry odpovídající portlanditu (obr. 3), čáry odpovídající alitu, belitu, celitu a feritu jsou



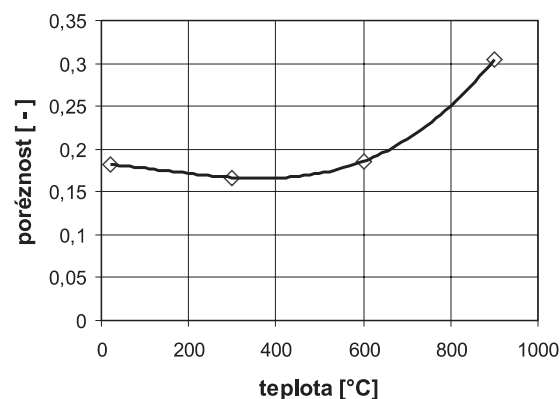
Obr. 3. Relativní intenzita portlanditu pro mezivlnnou vzdálenost 4,91 Å

intenzivnější. Namáhání teplotou 600 °C tedy vede jak k rozkladu hydrosilikátu vápenatého, tak k úplnému rozkladu portlanditu. Difraktogram betonu vystaveného teplotě 900 °C svědčí o totální destrukci HCP (obr. 3, obr. 4), protože portlandit je nepřítomen a obsah alitu, belitu, celitu a feritu opět výrazně vzrostl. Kromě toho vymizel při tomto tepelném zatížení také kalcit.

Na difraktogramech se neprojevila fázová změna (tj. změna krystalové struktury) křemene. Je to pochopitelné, protože jde o změnu reverzibilní: při zahřátí nad teplotu cca 575 °C přejde křemen do hexagonální soustavy, při chlazení se opět vrací do triklinické. Změny zdánlivé poréznosti s teplotou jsou znázorněny na obr. 5. V intervalu (20, 600) °C jde o relativně pozvolný (prakticky lineární) nárůst a nad



Obr. 4. Relativní intenzita alitu + belitu pro mezivlnnou vzdálenost 2,24 Å



Obr. 5. Závislost poréznosti na teplotě

teplotou 600 °C o výrazný vzrůst. Tento vzrůst může souviset s transformací křemene, protože tato vratná fázová změna zanechává nevratné změny porézní struktury. Vrůst a pokles měrného objemu křemene se v betonu musí projevit podobně jako mrazový cyklus (mrznutí a tání vody), tj. vznikem mikrotrhlin.

Závěr

Po rozboru výsledků rentgenové analýzy a porozimetric se již můžeme pokusit o interpretaci závislosti tlaková pevnost–teplota v termínech změn fázové a pórové struktury. Beton o stáří 180 dní je již téměř plně hydratovaný a má stoprocentní pevnost. Pokles o cca 10 % v intervalu teplot (20, 300) °C je zřejmě primárně vyvolán změnou struktury pórů, přičemž tato změna (vzrůst zdánlivé poréznosti) jde na vrub vzniku mikrotrhlin v přechodové zóně mezi kamenivem a HCP. Od teploty 300 °C se začínají podstatně více uplatňovat změny fázového složení betonu, tj. v první řadě rozklad hydrátů C–S–H a úplný rozklad portlanditu. Tyto fázové změny jsou provázány dalšími změnami struktury pórů vyvolanými jak termostresem, tak odlišným měrným objemem nových fází. Tyto změny nakonec vedou k úplné degradaci betonu kolem teploty 1 000 °C.

Článek vznikl za podpory projektu č. 106/03/0028 GA ČR.

Literatura

- [1] Bažant, Z. P. – Kaplan, M. F.: Concrete at High Temperatures. Longman, Essex 1996.
- [2] Taylor, H. F. W.: Cement Chemistry. London, Thomas Telford 2004.

[3] Mičková, D.: Účinky zvýšených teplot na zatvrdnutí cementové kašu, *Stavebnický časopis*, 37, 1989, č. 6, s. 389–397.

[4] Vodák, F. et al.: The Effect of Temperature on Strength-Porosity Relationship for Concrete, *Construction and Building Materials*,

18, 2004, No.7, pp. 529–534.

[5] Zdražil, T. – Vodák, F. – Trtík, K.: Vliv teploty na pevnost betonu užitého při stavbě kontejneru jaderné elektrárny Temelín. *Stavební obzor*, 9, 2003, č. 9, s. 272–274.

Zdražil, T. – Vodák, F. – Klokočnicková, H.: Changes in the Structure and Strength of Concrete Caused by Thermal Stress

Changes in the compression strength of concrete brought about by thermal stress are interpreted in terms of changes in phasic composition and porous structure of the material.

Zdražil, T. – Vodák, F. – Klokočnicková, H.: Durch Wärmebeanspruchung hervorgerufene Änderungen der Struktur und Festigkeit von Beton

Die durch thermische hervorgerufenen Veränderungen der Druckfestigkeit werden in den Termini der Veränderungen der Phasenzusammensetzung und der Porenstruktur des Materials interpretiert.

● recenze

Agócs, Z. – Ziolkó, J. – Vičan, J. – Brodniansky, J. Assessment and Refurbishment of Steel Structures

Spon Press, London and New York, 2005, 359 stran, ISBN 0-415-23598-7, cena 80 GBP

Vydat v renomovaném zahraničním vydavatelství anglicky psanou technickou publikaci se nepodaří autorům ze střední Evropy často. Slovenským profesorům (Agócs, Vičan a Brodniansky) a polskému profesorovi Ziolkovi se to zdařilo letos, když ve vydavatelství Spon Press představili titul věnovaný hodnocení, prohlídkám a rekonstrukcím ocelových konstrukcí. Publikace byla simultánně vydána i bratislavským nakladatelstvím Ister Science Ltd., kde si ji lze objednat.

Kniha je rozčleněna do šesti kapitol. V první se po úvodu (Agócs) s definováním zásad moderních rekonstrukcí, pojednáním o materiálu a krátké exkurzi do teorie spolehlivosti (Vičan) čtenář dostane ke konkrétnímu návodu, jak stanovit součinitele zatížení, popř. součinitele materiálu u existujících a částečně již exploatovaných konstrukcí s limitovanou životností. To je pro praxi velmi potřebné doporučení. Jeho hodnotu však poněkud zeslabuje skutečnost, že je zcela jednoznačně směřováno do slovenského prostředí, neboť se opírá o statistické rozborů kvality slovenských ocelí z období před rokem 1990. Zvlášť při překladu do angličtiny ponechal autor neslovenského čtenáře v nejistotě, zda, a případně s jakými modifikacemi, může nabídnutý postup použít v jiné zemi. V Čechách bychom se s tím vypořádali asi poměrně snadno.

Ve druhé kapitole (Agócs) se rozebírají příčiny havárií konkrétních konstrukcí, přičemž se vybírají typické případy způsobené chybami v projektu, mylném stanovení zatížení, nevhodných detailech konstrukce a špatném materiálu. Rozebírají se důsledky koroze, únavy, vysoké teploty a nevhodných událostí pro konkrétní konstrukce. Vyhodnocuje se 150 v literatuře zadokumentovaných poruch ocelových konstrukcí a dochází se k tradičnímu a očekávanému zjištění: nejvíce chyb se přihodí při montáži konstrukcí a nejčastější příčinou havárií je ztráta stability. Ostatní závěry již tak předvídatelné nejsou, zejména téměř čtvrtinový podíl poruch majících původ ve svarových spojích překvapuje. Zdá se, že se čerpalo i z dávnější minulosti, kdy se technologie svarování teprve rozvíjela.

Třetí kapitola se věnuje prohlídkám ocelových konstrukcí. Autor (Agócs) probírá metodiku prohlídek a vybavení potřebné k odhalení poruch a závad konstrukcí. Vychází přitom z bohaté praxe experta působícího na Slovensku více než čtyřicet let.

Čtvrtá kapitola pojednává o zesilování ocelových konstrukcí různými metodami, jako je zvětšení průřezu, změnou statického působení, předpětím (vše Agócs) či obetonováním (Vičan). Popisuje se technika zesilování zatížené konstrukce a naznačuje, kde a jak hledat rezervy konstrukce prostřednictvím přesného výpočtu uvažujícího všechny relevantní okolnosti.

V páté kapitole (Agócs a Brodniansky) se probírá zesilování a rekonstrukce halových objektů a jsou zde doplněny i poznatky získané s jednou konstrukcí haly postižené požárem. Jde opět vesměs o příklady z praxe ocelových konstrukcí na Slovensku.

Šestá kapitola se týká rekonstrukce a zesilování mostů (Agócs), nádrží, stožárů a komínů (Ziolkó) a plynovodu (Brodniansky). Popis a příčinu zřícení nejvyššího kotveného stožáru světa v Polsku (640 m) v devadesátých letech minulého století však prof. Ziolkó neodtajnil.

Kniha je doplněna přesně jedním stem odkazů na literaturu, přičemž více než polovinu tvoří autocitace všech čtyř autorů a další velkou část odkazy na slovenské či české normy, což může v zahraničí působit poněkud rozpáčitě. Nám to v Česku nevádí, i když nás může spíše společensky mrzet, že nejsou citovány ani práce jediného významného českého autora zabývajícího se v minulosti tématem rekonstrukcí, dnes již nežijícího L. Spala. Kniha má výstižný rejstřík, ale obsahuje zbytečný seznam obrázků a tabulek.

Předmluvu ke knize napsal profesor D. Nethercot z londýnské Imperial College, který autory umístil podle původu do České a Slovenské republiky a Polska, což se u občana Spojeného království dá pokládat za docela informovaný přístup. Předmluva vyzdvihuje především volbu tématu knihy, které je velmi aktuální, neboť jen polovinu v současnosti prováděných staveb představují novostavby a druhou polovinu tvoří právě rekonstrukce. V publikacích je to právě naopak, velkou většinou se věnují pouze a výhradně novostavbám.

Přes několik kritických poznámek uvedených v tomto stručném posudku mohu i já knihu plně doporučit všem čtenářům, kteří se chtějí poučit z praktických zkušeností známých odborníků a případně i z cizích nezdarů. Takto zaplacené školné je vždy mnohonásobně nižší než cena, která se platí za vlastní chyby.

J. Studnička

Základní mechanické, tepelné a vlhkostní parametry vysokohodnotného betonu

Ing. Milena JIŘIČKOVÁ, PhD.

Ing. Eva MĚNAHONČÁKOVÁ

Ing. Pavel PADEVĚT, PhD.

prof. Ing. Robert ČERNÝ, DrSc.

ČVUT – Fakulta stavební
Praha

Mechanické, tepelné a vlhkostní parametry vysokohodnotného betonu se řadí mezi kritické parametry pro spolehlivostní navrhování a užívání komplexních modelů předpovědi životnosti betonových konstrukcí. Hlavním cílem popisovaných experimentů bylo naměřit základní mechanické, tepelné a vlhkostní parametry vysokohodnotného betonu jako vstupní data pro matematické modely kombinovaného transportu hybnosti, tepla a vlhkosti.

Úvod

Zlepšování kvality stavebních hmot na bázi cementu závisí nejen na správně zvolené technologii výroby, ale zejména na výběru a kvalitě vstupních surovin. Proto se stává trendem používání příměsí a přísad, jež příznivě ovlivňují kvalitu, funkční a užitkové parametry. Při přesném dávkování a dodržení stanovených technologických podmínek dochází ke zlepšení jakosti i požadovaných parametrů, jako je pevnost a odolnost vůči vnějším vlivům. Při výrobě betonu se stále častěji využívají minerální příměsí, jakými jsou např. pucolány, elektrárenské či teplárenské popílky.

Mezi relativně nové materiály, které zlepšují jakost betonu, náležejí velmi jemné křemičité materiály, všeobecně označované jako křemičité úlety. První zmínky o možnosti jejich využití se datují do čtyřicátých let minulého století. Systematickým výzkumem využití a přínosu křemičitých úletů ve výrobě cementových materiálů (zahájeným v osmdesátých letech) se zjistilo, že ve vhodné kombinaci s plastifikátorem, tedy při velmi nízké hodnotě vodního součinitele, vznikají materiály s extrémně vysokou pevností. Proces hydratace ovlivňují jednak fyzikálně – vyplňují prostor mezi hydratujícími zrny cementu a plní tak funkci mikroplniva, jednak chemicky – reagují s hydroxidem vápenatým a tvoří kvalitativně odlišné vazebné produkty. Zmenšením pórovitosti a změnou rozdělení mikropórů se ztuhne struktura pojivové kaše, což příznivě ovlivní pevnost, nerozpustnost či korozní odolnost cementových materiálů. Protože splňují zvýšené nároky na vlastnosti těchto materiálů, můžeme je označit za betony vysokohodnotné (místo dříve užívaného termínu vysokopevnostní), neboť se vyznačují i dalšími parametry, např. odolností proti agresivním vlivům okolního prostředí či nepropustností. Používají se k výrobě betonových prefabrikátů, mostních konstrukcí, výškových staveb a mořských plošin.

V dalším textu jsou prezentovány výsledky výzkumu základních mechanických, tepelných a vlhkostních vlastností vysokohodnotného betonu s přídavkem křemičitého úletu ve formě vodní suspenze, mikrosiliky a porovnávány s vlastnostmi betonu bez příměsí. Aby bylo možné rozlišit vliv

jednotlivých složek betonové směsi na jeho kvalitativní vlastnosti, jsou dále stanoveny mechanické, tepelné a vlhkostní parametry cementové pasty s přídavkem a bez přídavku mikrosiliky a betonové směsi s přídavkem a bez přídavku mikrosiliky bez zrn s největší zrnitostí 8–16 mm.

Materiály

Ověřovány byly vlastnosti vysokohodnotného betonu BI s přídavkem suspenze křemičitého úletu, tzv. mikrosiliky. Pro porovnání byla připravena záměs betonu bez přídavku mikrosiliky BII. Aby bylo možné zjistit vliv kameniva na základní mechanické, tepelné a vlhkostní parametry, byly připraveny záměsí obou betonů ve formě cementové pasty PI a PII a záměsí BBI a BBII bez kameniva zrnitosti 8 až 16 mm. Vzorky byly odlity formou standardních trámčů velikosti 100 × 100 × 400 mm ze záměsí B a BB a 40 × 40 × 160 mm ze záměsí P a z nich nařezány vzorky požadované velikosti (tab. 1).

Metody a vzorky

Základní materiálové parametry, jako je např. objem vzorku, hustota, pórovitost či maximální nasákavost, lze určit sycením vodou za sníženého tlaku a následným vážením vzorků maximálně nasycených a vzorků maximálně nasycených ponořených pod vodní hladinu, kdy se určuje Archimédova hmotnost. Vzhledem k tomu, že jde o známé metody, nebudeme se jimi zabývat a soustředíme se pouze na způsoby zjišťování mechanických, tepelných a vlhkostních parametrů.

■ Mechanické parametry

Pevnost zkušebních těles se měřila na stroji DSM 2500, vhodným pro zkoušky kvazikřehkých materiálů (obr. 1). Toto plně automatické elektronicky řízené hydraulické zařízení umožňuje ověřovat vlastnosti tělesa v tahu i tlaku, přičemž maximální tlaková síla, kterou může být zatěžováno, je 2 500 kN, v tahu pak 7 800 kN. Tahové i tlakové zatěžování je umožněno konstrukcí hydraulického zatěžovacího válce, do něhož je médium přiváděno nad píst i pod něj. Hydraulika stroje ve spolupráci s řídicí elektronikou a servoventily dovoluje maximální odlehčení 700 kN za 4 ms. Velmi rychlé odlehčení v kombinaci s velmi tuhým rámem je zárukou zachycení popevnostního chování materiálu. Tuhost zkušebního rámu je 15 MN při deformaci 1 mm. Zkušební stroj může být řízen silou a poměrnou deformací. Poměrnou deformaci měří tři příložné extenzometry, které mohou být použity samostatně, nebo jako průměr z nich měřený. Součástí stroje je externí teplotní komora s rozsahem –50 ~ 250 °C a triaxiální komora s volbou konstantního tlaku na plochy, které nejsou v ose zatěžování.

Rozměr zkušebních těles byl nestandardní, 40 × 40 × 80 mm, neboť v první fázi experimentu byla ověřována tělesa nezatížená, která byla následně použita k měření

Tab. 1. Základní složení cementových záměsí

Označení vzorku	Složení 1 m ³ záměsí [kg]							
	CEM I 52,5 R	suspenze SiO ₂ *	kamenivo			Woerment FM 794**	Lentan VZ 33***	vodní součinitel
			0–4	4–8	8–16			
BI	480	72	664	207	995	7,74	2,58	0,36
BII	470	0	668	209	1 001	5,17	2,35	0,33
BBI	480	72	664	1 202	0	7,74	2,58	0,38
BBII	470	0	668	1 210	0	5,17	2,35	0,35
PI	2 346	352	0	0	0	38,00	12,67	0,31
PII	2 348	0	0	0	0	26,00	12,00	0,34

* vodní suspenze tvořená z 88–95% SiO₂, s obsahem stopového množství oxidů vápníku, hořčíku, dusíku atd. Křemičité úlety vznikají jako vedlejší produkty při výrobě krystalického křemíku či ferosilicia v elektrických obloukových pecích, jsou tvořené jemnými částicemi pravidelného kulového tvaru a hladkého povrchu a mají pucolánové vlastnosti.

** plastifikátor na bázi polykarboxylatetheru

*** zpomalovač na bázi sacharózy, zpomaluje hydrataci cementu



Obr. 1. Zušební stroj DSM 2500

délkové teplotní roztažnosti v rozmezí teploty 100 až 600 °C, při níž dochází k destrukci materiálu a ke vzniku trhlin. Na takto malá tělesa však nebylo možné umístit příložné tenzometrické snímače, a tedy ani měřit moduly jejich pružnosti. Proto jsou dosažené hodnoty orientační a slouží pouze ke sledování změn pevnosti betonových záměsí působením vysokých teplot. Nicméně u všech těles se zjišťoval pracovní diagram. Čtyři příložné tenzometrické snímače Sander PXA byly umístěny na odměrných tyčkách přes celou výšku těles mezi zatěžovacími deskami. Ve výsledcích je tedy tvar pracovního diagramu vždy ovlivněn dosedacími plochami těles na zatěžovací desky. Předmětem zkoušek nebylo sledování pevnostních charakteristik betonových záměsí, proto výsledky nezahrnují pracovní diagramy, ale pouze orientační hodnoty pro nestandardní velikost zkušebních těles.

■ Tepelné parametry

Pro určení součinitele tepelné vodivosti a měrné tepelné kapacity byl použit přenosný měřicí přístroj ISOMET 2104 (tab. 2 a 3). Výměnné jehlové a plošné sondy mají zabudovanou paměť se známými kalibračními konstantami. Dynamická metoda umožňuje redukovat dobu měření na deset až

Tab. 2. Rozsah přístroje ISOMET pro měřené veličiny

Ukazatel	Jednotka	Rozsah
součinitel tepelné vodivosti	Wm ⁻¹ K ⁻¹	0,015 – 6
měrná objemová tepelná kapacita	Jm ⁻³ K ⁻¹	4,0·10 ⁴ – 4·10 ⁶
teplota	°C	-20 – +70

Tab. 3. Rozsah a přesnost měřicí sondy

Typ sondy	Rozsah	Přesnost
	[Wm ⁻¹ K ⁻¹]	
plošná ISOMET 2104	λ = 0,03 – 0,3	λ = 5 % z hodnoty +0,003

patnáct minut. Mikroprocesor umožňuje optimalizaci podmínek měřicího procesu. Měření je založeno na analýze časové závislosti teplotní odezvy zkoušeného materiálu na impulsy tepelného toku. Tepelný tok je vyvolán elektrickým vyhříváním odporového ohříváče v sondě, která je v přímém tepelném kontaktu se vzorkem. Součinitel tepelné vodivosti a měrné objemové tepelné kapacity se získá vyhodnocením periodicky vzorkovaných záznamů teploty jako funkce času. Měrnou objemovou tepelnou kapacitu je možné přepočítat na častěji používanou měrnou tepelnou kapacitu jejím vydělením objemovou hmotností.

Plošné měřicí sondy se používají k měření pevných a tvrdých materiálů na povrchu průměru minimálně 60 mm. Přesnost měření přímo ovlivňuje hladkost povrchu. Minimální hloubka vzorku má být 10 až 15 mm v závislosti na tepelné vodivosti materiálu. Vzhledem k rozměrům plošné sondy bylo nutné použít vzorky 60 × 60 × 60 mm.

■ Vlhkostní parametry

Sorpční a desorpční izotermny se zjišťovaly klasickou exsíkátoremovou metodou. Vzorky byly umístěny v exsíkátorech s různými solnými roztoky, nad kterými se vytvářela konstantní vlhkost vzduchu. Počátečním stavem všech vzorků byl pro sorpční izotermny vysušený materiál, pro desorpční izotermny materiál nasycený na maximální hygroskopickou vlhkost. Měření probíhalo paralelně ve všech exsíkátorech. Hmotnost vzorků se sledovala až do ustálení, potom byla vypočtena vlhkost ve vzorcích.

Součinitel difúze vodní páry se ověřoval klasickou miskovou metodou bez teplotního spádu. Tento postup je založen na jednorozměrném šíření vodní páry vzorkem. Spočívá v měření difúzního toku páry prošlé vzorkem při znalosti jejích parciálních tlaků ve vzduchu pod povrchem vzorku a nad ním [1]. Vzorek je vzduchotěsně a parotěsně

izolován a utěsněn technickou plastelinou ve speciálně vyrobené hliníkové misce naplněné sušícím médiem (silikagel či bezvodý CaCl_2) nebo roztokem s vysokým rovno-
vážným parciálním tlakem (voda, K_2SO_4 atd.). Miska se vzorkem se periodicky váží a zjištěné změny hmotnosti se zaznamenají v závislosti na době vážení do grafu. Po dosažení přímkového charakteru křivky se měření pokládá za ukončené. Součinitel difúzní propustnosti δ [s] se vypočítá ze vztahu

$$\delta = \frac{\Delta m \cdot d}{S \cdot \tau \cdot \Delta p_p}, \quad (1)$$

kde Δm je hmotnost páry difundující vzorkem [kg], d tloušťka vzorku [m], S plocha vzorku [m^2], τ období korespondující s transportem hmotnosti vodní páry Δm [s] a Δp_p rozdíl parciálních tlaků vodní páry ve vzduchu na obou stranách vzorku [Pa].

Součinitel vlhkostní vodivosti κ se určoval přibližnou metodou, založenou na měření nasákavosti [2]. Zařízení sestává z kovové konstrukce zavěšené na automatické digitální váze, do níž je po obvodu upevněn vodotěsně a parotěsně izolovaný vzorek. Váha leží na kovovém stojanu, který překlenuje nádobu s vodou, a je propojena s počítačem, což umožňuje kontinuální zaznamenávání hmotnostního přírůstku vzorku ponořeného 1 až 2 mm pod hladinu v závislosti na čase. Konstantní výšku hladiny v nádobě během nasávání pomáhá udržet Mariottova láhev, což je vodou naplněná láhev se dvěma zapuštěnými kapilárami. Jedna kapilára s vnitřním průměrem 2 mm je umístěna pod hladinu v nádobě, druhá s vnitřním průměrem 5 mm se hladiny dotýká. Při poklesu hladiny vnikne do kapiláry vzduchová bublina, jež vytlačí ze druhé kapiláry takové množství vody, které je dostatečné pro vzestup hladiny na původní úroveň. Tento jednoduchý způsob zajišťuje konstantní podmínky měření.

Na základě získaných výsledků se sestrojí závislost kumulativního obsahu vlhkosti na odmocnině času, ze které se pomocí lineární regrese přímo určí vlhkostní absorpční koeficient A . Přibližná hodnota součinitele vlhkostní vodivosti κ [m^2s^{-1}] se potom určí ze vztahu [2]

$$\kappa \approx \left(\frac{A}{w_{\text{sat}}} \right)^2, \quad (2)$$

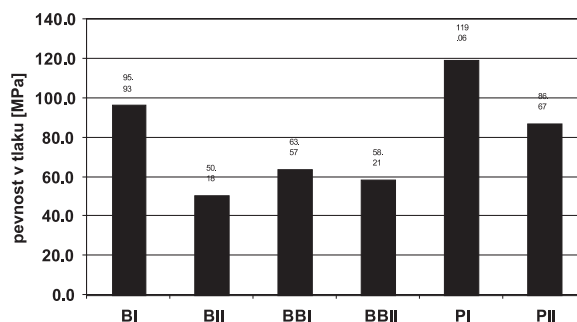
kde w_{sat} je obsah nasycené vlhkosti [$\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$].

Měření sorpčních a desorpčních izoterem je časově velmi náročné, proto je vhodné používat malé vzorky. V našem případě byly ze standardních trámů $40 \times 40 \times 160$ mm nařezány vzorky $20 \times 20 \times 10$ mm. Pro měření součinitele difúze vodní páry a součinitele vlhkostní vodivosti byly nařezány vzorky $40 \times 40 \times 20$ mm, jež byly následně vodotěsně a parotěsně izolovány ze čtyř stran epoxidovou pryskyřicí tak, aby bylo dosaženo podmínky jednorozměrného transportu vlhkosti.

Výsledky a diskuze

Měření parametrů probíhalo za konstantních podmínek v klimatizované laboratoři při 22 ± 1 °C a relativní vlhkosti 25 až 30 %. Za počáteční byla brána hmotnost vysušeného materiálu. Prezentované výsledky jsou průměrnou hodnotou tří až pěti měření. Orientační pevnost v tlaku studovaných materiálů po roce vytvrzování při 25 °C, stanovenou na vzorcích nestandardních rozměrů $40 \times 40 \times 180$ mm, ukazuje obr. 2. Výsledek je průměrem ze tří hodnot. Je zřejmé, že

pro základní směs s křemičitými úlety dosáhla nejvyšší pevnosti cementová pasta P, nejnižší cementová malta BB. Pevnost v tlaku u všech tří materiálů byla vyšší než 60 MPa. Přídavkem křemičitých úletů se podstatně zvýšila pevnost těchto typů směsí, čímž se potvrdila jejich pozitivní role při produkci betonů vyšších pevnostních tříd.



Obr. 2. Pevnost v tlaku vzorků nestandardních rozměrů $40 \times 40 \times 180$ mm po roce vytvrzování při teplotě 25 °C

Větší pevnost cementové pasty než základní betonové směsi byla způsobena pravděpodobně nestandardními rozměry zkušebních těles ($40 \times 40 \times 80$ mm), které byly pro měření na cementové pastě příznivější. Lze předpokládat, že u větších zkušebních těles by pevnost betonů BI a BII byla vyšší, protože by se omezil vliv nehomogenity. To je ovšem třeba ještě ověřit, protože možností vysvětlení nižší pevnosti betonů řady B než past řady P je např. kvalita kameniva či kontaktu mezi kamenivem a cementovým tmelem. Zjištěná pevnost v tlaku cementové pasty v každém případě svědčí o vysoké kvalitě betonu. Základní parametry měřených materiálů ukazuje tab. 4. Materiály s křemičitými úlety dosahovaly poněkud vyšší objemové hmotnosti (kromě cementové pasty) v porovnání s materiály bez nich, což byl očekávaný jev, ale zároveň i poněkud vyšší pórovitost. Vysvětlením těchto na první pohled rozporných faktů byla zřejmě vyšší objemová hmotnost matrice materiálů s křemičitými úlety.

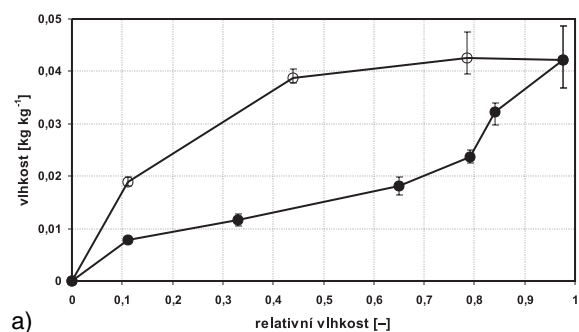
Tab. 4. Základní materiálové parametry testovaných materiálů

Typ	ρ	ρ_{mat}	ψ
	[$\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$]		[%]
BI	2422,5	2760,2	12,23
BII	2388,4	2646,6	9,75
BBI	2239,5	2652,4	15,56
BBII	2210,1	2577,9	14,27
PI	1988,3	2808,6	29,21
PII	1990,7	2778,6	28,33

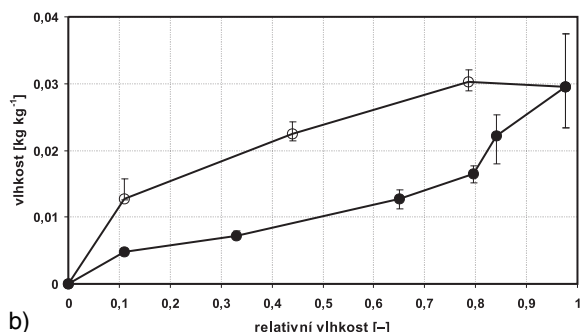
Porovnání výsledků v tab. 4 s údaji v tab. 1 ukazuje, že směsi pro výrobu materiálů BI a BBI měly poněkud vyšší vodní součinitel než směsi pro výrobu BII a BBII. Důvody byly zejména technologické, protože směsi s křemičitými úlety se podstatně hůře zpracovávaly v míchačce a pro důkladné promíchání bylo nakonec nezbytné přidat určité množství vody navíc proti původní receptuře. To potom vedlo k větší pórovitosti. Z porovnání pórovitosti v tab. 4 a pevnosti v tlaku na obr. 2 je zřejmé, že očekávaný nárůst pevnosti s poklesem pórovitosti v případě uváděných experimentů většinou neplatil (jedinou výjimkou bylo porovnání betonů řady B s odpovídajícími maltami řady BB). Pravdě-

Tab. 5. Tepelné parametry studovaných materiálů v závislosti na vlhkosti

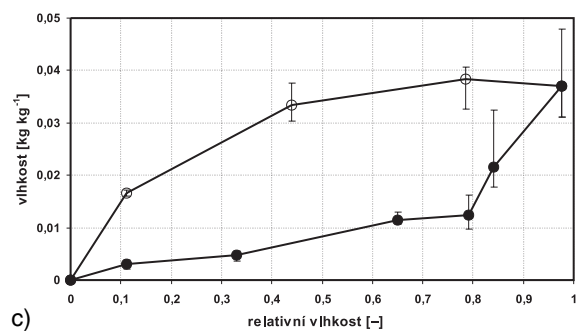
Typ	u	λ	c
	[kg kg ⁻¹]	[W m ⁻¹ K ⁻¹]	[J kg ⁻¹ K ⁻¹]
BI	0,000	1,630	801
	0,030	1,821	779
	0,051	2,145	840
BII	0,000	2,360	829
	0,030	2,449	807
	0,040	3,155	902
BBI	0,000	2,268	810
	0,030	2,733	814
	0,068	4,168	884
BBII	0,000	2,304	786
	0,030	2,557	785
	0,064	3,387	860
PI	0,000	0,637	816
	0,090	0,886	871
	0,146	0,925	929
PII	0,000	0,734	823
	0,090	0,897	872
	0,143	0,936	859



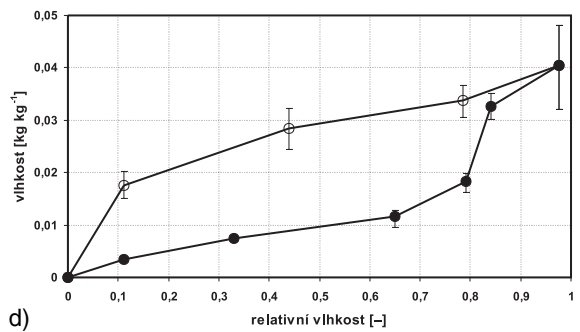
a)



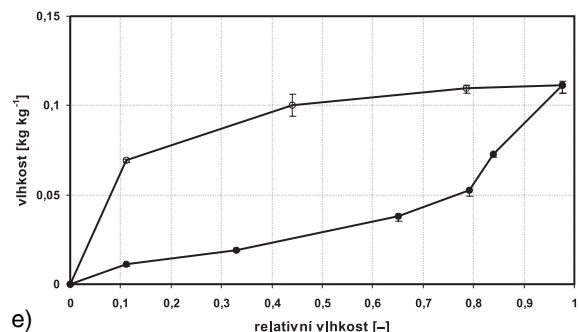
b)



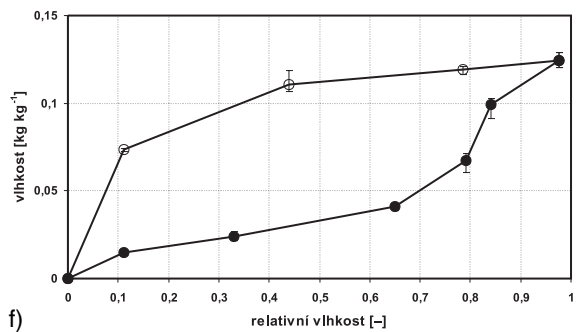
c)



d)



e)



f)

Obr. 3. Sorpční a desorpční izotermy materiálu

a – BI, b – BII, c – BBI, d – BBII, e – PI, f – PII

podobným důvodem jsou nestandardní rozměry vzorků pro určení pevnosti v tlaku.

Hodnoty součinitele tepelné vodivosti a měrné tepelné kapacity vzorků jak v suchém stavu, tak v závislosti na vlhkosti, shrnuje tab. 5. Je zřejmé, že přidavek křemičitých úletů vedl k jistému poklesu součinitele tepelné vodivosti v suchém stavu u všech studovaných směsí. Nejvíce byl tento efekt patrný pro základní směs B, kde byl pozorován pokles součinitele tepelné vodivosti o 30 %. Tento výsledek je v dobré shodě s výsledky měření pórovitosti v tab. 4 i s výsledky jiných autorů, dosaženými na materiálech s přídatkem křemičitých úletů [3]. Zjištěná data rovněž ukazují, že měrná tepelná kapacita nebyla přidavkem křemičitých úletů významně ovlivněna, rozdíly mezi jednotlivými měřeními byly v rámci experimentální chyby, která pro impulsní metodu činí cca 10 %. Výsledky v tabulce též ukazují, že součinitel tepelné vodivosti cementové pasty v suchém stavu byl dvakrát až třikrát menší než u základní betonové směsi B a cementové malty BB. Toto zjištění je v kvalitativní shodě s rešerší v práci [4], kde bylo ukázáno, že betony s křemičitým kamenivem mají obecně vyšší součinitel tepelné vodivosti než cementové pasty. Porovnání s výsledky v tab. 4 ukazuje i dobrou kvalitativní shodu s výsledky měření pórovitosti.

Vlhkostní závislost součinitele tepelné vodivosti, prezentovaná v tab. 5, byla poměrně výrazná. Součinitel tepelné vodivosti všech studovaných materiálů rostl se stoupající

Tab. 6. Vlhkostní transportní parametry materiálů

Typ	Transport vodní páry				Transport kapalné vody		
	D [m^2s^{-1}]		μ [-]		A	w_{sat}	κ
	97–25%	5–97%	97–25%	5–97%			
	RV				[kg m^{-2}]	[kg m^{-3}]	[m^2/s]
BI	1,06E-06	3,97E-07	22,5	59,3	3,63E-03	122,0	8,9E-10
BII	1,10E-06	3,75E-07	20,9	61,4	1,80E-02	95,1	3,3E-09
BBI	2,87E-07	1,32E-07	80,3	175,4	1,76E-02	150,6	1,5E-08
BBII	2,88E-07	1,51E-07	81,4	152,1	4,04E-02	140,5	8,3E-08
PI	1,36E-07	7,93E-08	170,7	295,9	2,36E-02	248,4	7,0E-09
PII	3,57E-07	2,91E-07	65,4	81,7	3,52E-02	285,2	1,8E-08

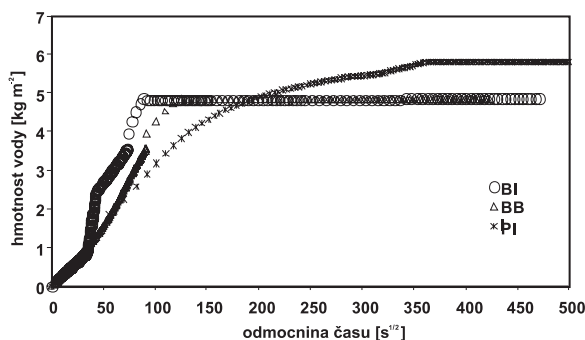
vlhkostí, rozdíl mezi hodnotami v suchém stavu a vodou nasyceném stavu byl od 27 % (BI) do 84 % (BBI). Hodnoty měrné tepelné kapacity v závislosti na vlhkosti byly značně poznamenány jednak malými rozdíly mezi měrnou tepelnou kapacitou jednotlivých materiálů v suchém stavu, jednak relativně velkou chybou měření. Celkově byl ovšem patrný očekávaný nárůst měrné tepelné kapacity se stoupající vlhkostí.

Přítomnost křemičitých úletů (obr. 3) vedla u základní betonové směsi B k určitému nárůstu sorpce vlhkosti jak v adsorpční, tak desorpční části, což je v souladu s hodnotami otevřené pórovitosti (tab. 4). U materiálů BB a PP již tyto rozdíly nebyly tak výrazné. Přítomnost kameniva pak vedla k výraznému poklesu sorpčních schopností materiálu. I tato zjištění jsou v dobrém souladu s měřením pórovitosti v tab. 4.

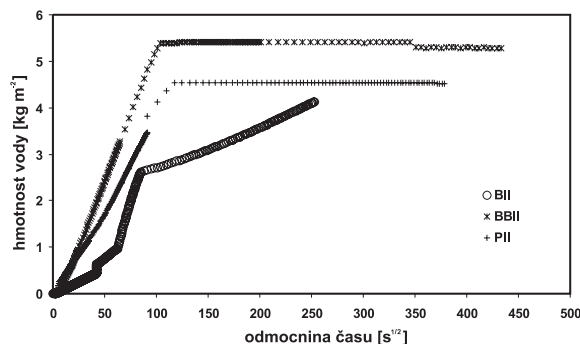
Vliv křemičitých úletů na transportní parametry vlhkosti pro studovanou směs je zřejmý z tab. 6. Pro transport kapalné vody byl přítom tento vliv patrnější než pro transport vodní páry. Vlhkostní absorpční koeficient základní směsi B klesl po přidání křemičitých úletů pětkrát, u cementové malty BB dvaapůlkrát a u cementové pasty P o 30 %. Příslušným způsobem klesl i součinitel vlhkostní vodivosti směsí s přidávkou křemičitých úletů. Pomalejší pronikání vody do vzorků s přidávkou křemičitých úletů je ilustrováno též na obr. 4 a obr. 5, kde jsou uvedeny charakteristické křivky kapilární nasákavosti jednotlivých materiálů. Výsledky v tab. 6 též ukazují, že součinitel difúze vodní páry byl přidávkou křemičitých úletů ovlivněn významnou měrou pouze pro cementovou pastu P, kde došlo k čtyřnásobnému poklesu. U směsí B a BB (s výjimkou směsi BB pro 5% až 97% relativní vlhkost) byly naměřeny rozdíly součinitele difúze vodní páry mezi směsmi s křemičitými úlety a bez nich v rámci chyby měření.

Pravděpodobným důvodem pro rozdílný vliv křemičitých úletů na transportní parametry vody a vodní páry bylo, že křemičité úlety zaplnily zejména kapilární póry, které jsou nejdůležitější pro transport kapalné vody. Transport vodní páry je relativně snadný i v menších pórech, kde transport kapalné vody je značně pomalejší [5], takže v konkrétním případě měření se mohl uskutečnit bez výraznějšího zpomalení. Je ovšem třeba poznamenat, že toto tvrzení je v současné fázi výzkumu pouze hypotézou, kterou bude třeba potvrdit porozimetrickým měřením.

Vliv přítomnosti a velikosti kameniva se ukázal pro přenos vody a vodní páry jako značně rozdílný. Vlhkostní absorpční koeficient základní směsi B byl dvakrát až pětkrát nižší než pro cementovou maltu BB a dvakrát až šestkrát nižší než pro cementovou pastu P. Vyšších hodnot poklesu vlhkostního absorpčního koeficientu bylo dosaženo vždy pro materiály obsahující křemičité úlety. V případě difúzní-



Obr. 4. Charakteristické křivky nasákavosti materiálů s přidávkou křemičitých úletů



Obr. 5. Charakteristické křivky nasákavosti materiálů bez přidávky křemičitých úletů

ho součinitele vodní páry nebyly dosažené výsledky ve vztahu ke kamenivu tak jednoznačné. Pro směsi obsahující křemičité úlety byl součinitel difúze vodní páry nejnižší pro cementovou pastu P, pro cementovou maltu BB byl zhruba dvakrát vyšší a pro základní betonovou směs B pětkrát vyšší. Pro směsi bez křemičitých úletů měla nejnižší součinitel difúze vodní páry cementová malta BB, pro cementovou pastu bylo dosaženo zhruba dvakrát vyšších hodnot a pro základní betonovou směs B dvaapůlkrát vyšších. Kvalitativně stejných výsledků bylo dosaženo jak pro rozsah relativních vlhkostí 5 až 97 %, tak i pro 97 až 25 %. Hodnoty difúzního součinitele vodní páry byly pro experimenty s rozpětím relativních vlhkostí 97 až 25 % systematicky vyšší než pro experimenty s rozpětím 5 až 97 %. Tento výsledek je v souladu s měřením na řadě dalších materiálů [6].

Hlavním důvodem pro pokles transportních parametrů vody s nárůstem velikosti zrn kameniva byla logicky přítomnost kameniva, které je pro vodu mnohem nepropustnější než cementový gel. Poměrně značný rozsah tohoto poklesu je pravděpodobně důsledkem faktu, že bylo dosaženo relativně dobrého kontaktu mezi cementovou

matricí a kamenivem, takže přenos vody po jejich rozhraní byl relativně pomalý. Rychlejší přenos vodní páry v základní betonové směsi B v porovnání s oběma dalšími však svědčí o tom, že tento kontakt nemusel být dokonalý a v kontaktní zóně mohl být významný obsah menších pórů na hranicích zrn, který umožnil její relativně snadný přenos. Toto je ovšem v současné fázi výzkumu pouze hypotéza, kterou je třeba ověřit podrobnějším zkoumáním kontaktní zóny, např. elektronovou mikroskopií.

Závěr

Experimenty prokázaly významný vliv jak přídavku křemičitých úletů, tak přítomnosti a velikosti kameniva na transportní i akumulační parametry tepla a vlhkosti studovaného vysokohodnotného betonu. Součinitel tepelné vodivosti po přidání křemičitých úletů klesl až o 30 % a vzrostl až třikrát v důsledku přítomnosti kameniva. Mezi parametry přenosu vody a vodní páry vlhkostní absorpční koeficient charakterizující přenos kapalné vody byl ovlivněn křemičitými úlety a kamenivem podstatně více než součinitel difúze vodní páry. Přídavek křemičitých úletů vedl k jeho až pětinasobnému poklesu, kameniva dokonce až k šestinasobnému. Sorpce vlhkosti s přítomností kameniva klesla až na třetinu, vliv křemičitých úletů byl méně významný. Měřením pevnosti v tlaku se prokázal pozitivní vliv křemičitých úletů na pevnost vysokohodnotného betonu pro všechny studované řady vzorků (pasta-malta-beton). Vliv kameniva na pevnost v tlaku ovšem za současného stavu experimentů nebylo možno objektivně posoudit pro nestandardní rozměry vzorků.

Článek vznikl za podpory projektu č. 103/03/1350 GA ČR.

Literatura

- [1] ČSN 72 7031 Měření součinitele difúze vodní páry stavebních materiálů metodou bez teplotního spádu. ČSN, 1975.
- [2] Kumaran, M. K.: Moisture Diffusivity of Building Materials from Water Absorption Measurements. IEA Annex 24 Report T3-CA-94/01, Ottawa 1994.

- [3] Chung, D. D. L.: Review. Improving Cement-Based Materials by Using Silica Fume. Journal of Materials Science, Vol. 37, 2002, pp. 673–682.
- [4] Bažant, Z. P. – Kaplan, M. F.: Concrete at High Temperatures: Material Properties and Mathematical Models. Harlow, Longman 1996.
- [5] Černý, R. – Rovnaníková, P.: Transport Processes in Concrete. London, Spon Press 2002.
- [6] Kumaran, M. K.: IEA Annex 24 Final Report, Vol. 3, Task 3: Material Properties. KU Leuven 1996.

Jiříčková, M. – Mňahončáková, E. – Padevěť, P. – Černý, R.: Basic Mechanical, Thermal and Hygric Parameters of High Performance Concrete

Mechanical, thermal and hygric parameters of high performance concrete fall within the so called critical parameters applied to the design and utilization of complex reliability based models for service life prediction of concrete structures. The main aim of this paper is experimental determination of basic mechanical, thermal and hygric parameters of high performance concrete for their application as input parameters of mathematical models of coupled momentum, heat and moisture transport.

Jiříčková, M. – Mňahončáková, E. – Padevěť, P. – Černý, R.: Grundlegende mechanische, wärme- und feuchtigkeitstechnische Parameter hochwertiger Betons

Die mechanischen, wärme- und feuchtigkeitstechnischen Parameter hochwertigen Betons zählen zu den kritischen Parametern für den Entwurf und die Nutzung von Sicherheitsmodellen zur Voraussage der Lebensdauer von Betonkonstruktionen. Ziel des im Artikel beschriebenen Verfahrens war es, die grundlegenden mechanischen, wärme- und feuchtigkeitstechnischen Parameter hochwertigen Betons als Eingabedaten in mathematische Modelle des kombinierten Transports der Mobilität, Wärme und Feuchtigkeit zu ermitteln.

Víchová, J.

Povolání architektů, stavebních inženýrů a techniků po vstupu do Evropské unie

Arch, Praha, 2005, 96 s., cena 490 Kč

Výkon povolání autorizovaných architektů, autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě je na území Evropské unie regulován právními předpisy Evropských společenství, které jsou založeny na principu vzájemného uznávání profesní kvalifikace. Celá tato oblast spadá do kapitoly „Volný pohyb osob“, resp. podkapitoly „Vzájemné uznávání profesní kvalifikace“. Podle Evropské dohody zakládající přidružení mezi Českou republikou na straně jedné a Evropskými společenstvími a jejich členskými státy na straně druhé se naše republika zavázala k zajištění postupné slučitelnosti národního právního řádu s právem Evropských společenství. Jedním z konkrétních výstupů této činnosti je i novela zákona o výkonu povolání autorizovaných architektů, autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě. Cílem tohoto zákona je ochrana veřejných zájmů ve výstavbě, neboť vytváří nezbytné právní podmínky pro splnění požadavků na odbornou způsobilost fyzických osob k výkonu vybraných činností ve výstavbě podle stavebního zákona. Jsou to činnosti, jejichž výsledek ovlivňuje ochranu veřejných zájmů ve výstavbě, konkrétně projektová činnost a odborné vedení realizace staveb.

www.eprdejna.cz

Vliv hydrofobizace na vlastnosti vápenné omítky s metakaolinem

RNDr. Vratislav Tydlitát, CSc.

Ing. Pavel Tesárek

Ing. Aleš Kunca

Ing. Lucie Zuda

prof. Ing. Robert Černý, DrSc.

ČVUT – Fakulta stavební, Praha

prof. RNDr. Pavla Rovnaníková, CSc.

VUT – Fakulta stavební, Brno

Článek pojednává o vlivu hydrofobizační přísady na vlastnosti vápenno-pucolánové omítky. Pucolánovou příměsí je metakaolin tuzemského původu, hydrofobizační přísadou stearan zinečnatý.

Úvod

Z dosavadních výsledků měření vlastností vápenno-pucolánových omítek bez dalších přísad [1], [2], [3] je patrná potřeba ověření účinků hydrofobizační přísady na vlastnosti zatvrdlých omítek. Hydrofobizační přísada má především zlepšit vlastnosti týkající se transportu vlhkosti, a to jak kapalně, tak plynně fáze, nebo sorpce vlhkosti v omítce. Nežádoucí účinky se projevují především poklesem její pevnosti v tlaku a v tahu za ohybu. Pevnostní charakteristiky se mohou při vyšší koncentraci přísady radikálně snížit, což u omítky není žádoucí. Důležité je proto najít takovou koncentraci, která příznivě ovlivní vlhkovostní vlastnosti, ale nepovede k výraznému zhoršení mechanických vlastností.

Pro podrobnější výzkum vlivu stearanu zinečnatého $[\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COO}]_2\text{Zn}$ jako hydrofobizační přísady byla zvolena omítka s příměsí tuzemského metakaolinu, s označením P1*, z výroby Sedlecký kaolin, a. s., v Božičanech. Data pro omítku bez hydrofobizační přísady [3] byla použita jako referenční pro porovnání vlivu hydrofobizace na zkoumané vlastnosti.

Metody měření

V článku jsou specifikovány pouze metody, o kterých nebylo v předchozích pracích pojednáno, popř. které byly změněny. Objemová hmotnost byla určena po vysušení vzorků při 100 °C, následném změření a dopočtení hodnot podle známého vztahu. Pro toto měření bylo použito šest vzorků o velikosti 50 × 50 × 25 mm, výsledná hodnota byla jejich průměrem. Z mechanických vlastností se zkoumala pevnost v tahu za ohybu a v tlaku na třech, resp. šesti polovinách trámečků o rozměrech 40 × 40 × 160 mm. Zkoušky se prováděly po 7 a 28 dnech od vyrobení vzorků. Přístrojem ISOMET 2104 se měřil součinitel tepelné vodivosti a měrná objemová tepelná kapacita vždy na třech vzorcích o rozměrech 70 × 70 × 70 mm. Hodnoty měrné objemové tepelné kapacity v závislosti na vlhkosti byly dopočteny podle směšovacího pravidla. Na vzorcích o průměru 120 mm a tloušťce 20 až 25 mm byl stacionární metodou „cup“ určen součinitel difúzní propustnosti pro vodní páru, součinitel difúze vodní páry a faktor difúzního odporu, a to pro prostředí s 5% a 98% relativní vlhkostí. Sorpční izoterma

byla zjištěna exsikatorovou metodou simulováním různé relativní vlhkosti využitím roztoků solí, a to na čtyřech vzorcích o velikosti 30 × 30 × 10 mm. Z transportu kapalně vlhkosti byl určen součinitel absorpce vody a průměrná hodnota součinitele vlhkovostní vodivosti jednoduchým experimentem na třech vzorcích o velikosti 50 × 50 × 25 mm. Stejně vzorky posloužily k ručnímu zjišťování kapilární nasákavosti na rozdíl od předchozí metody, při níž hmotnostní přírůstky vzorku, umístěného na vahadlech váhy v závislosti na čase zaznamenává počítač. Akumulační vlhkovostní vlastnosti byly určeny v rámci experimentu, při kterém byly tři vzorky o velikosti 30 × 30 × 20 mm z každého materiálu umístěny pod vodní hladinu a průběžně váženy.

Vhodný obsah hydrofobizační přísady byl určen standardním absorpčním experimentem, při němž byl určen vliv koncentrace stearanu zinečnatého na odolnost proti pronikání kapalně vody do omítky. Zvolený postup byl obdobný jako v ČSN EN ISO 15 148 (ČSN 73 0314) nebo při určení průměrné hodnoty součinitele vlhkovostní vodivosti [2]. Porovnávali jsme hmotnostní přírůstky nasáklých vzorků na jednotkovou plochu $[\text{kgm}^{-2}]$ za 24 hodin. Do nádoby naplněné vodou se pokládaly vzorky na distanční podložky tak, aby jejich spodní část byla přibližně 3 mm pod vodní hladinou. V předem určených časových úsecích byly vzorky vyjmuty z nádoby a hmotnost nasáklé vody určena vážením.

Při zjišťování kapilární nasákavosti byly vzorky uloženy pod hladinou váženy ve zvolených intervalech až do ustálení jejich hmotnosti. Pro výše uvedené experimenty bylo použito vždy šest vzorků jednoho materiálu.

Materiály a vzorky

Složení směsi pro přípravu vápenné omítky a omítky s metakaolinem bylo shodné jako v článku [3]. Stearan zinečnatý vyrábí firma SETUZA, a. s., Ústí nad Labem. Podle firemního produktového listu je obsah zinku v tomto výrobku minimálně 9 %, obsah volných alkálií (jako NaOH) max. 0,05 %, zbytek na sítu s oky o \varnothing 0,63 mm maximálně 0,5 %. Obsah vody a těkavých látek je maximálně 1,3 %. Výrobek se na trh dodává balený v papírových pytlích po 15 kg. U stearanu zinečnatého je negativní vlastností nízký bod tání, výrobce deklaruje minimálně 110 °C podle ČSN 65 0310. V běžných podmínkách je překročení této teploty u vnějších konstrukcí nepravděpodobné. Jestliže by jí bylo dosaženo (např. při požáru), sama konstrukce by měla vážnější problémy než jen rozpad omítky.

Při dávkování byly zvoleny hmotnostní koncentrace (v sušině směsi) 0,4; 0,7; 1 % a pro další experimenty 2 a 3 %. Výsledky byly následně porovnány s hodnotami referenční sady vzorků vápenné omítky s metakaolinem bez hydrofobizace. Podobný postup byl aplikován na vápennou omítku

Tab. 1. Porovnání základních vlhkostních vlastností

Obsah stearanu zinečnatého v omítce [%]	Součinitel		Faktor difúzního odporu	Vlhkostní absorpční součinitel
	difúzní propustnosti pro vodní páru [s]	difúze vodní páry [m ² s ⁻¹]		
0,0	9,70E-12	1,32E-06	18	0,150
0,4	8,50E-12	1,47E-06	16	0,039
0,7	8,60E-12	1,12E-06	21	0,007

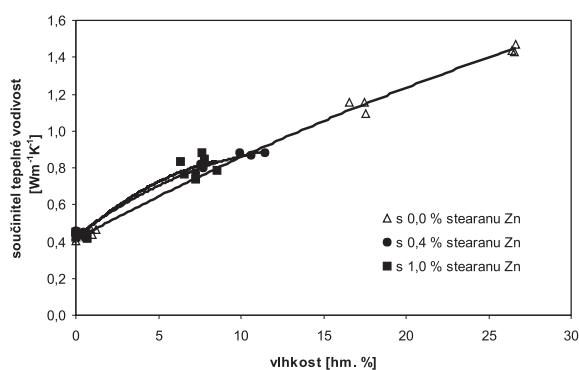
bez pucolánových přísad. Potřebná velikost vzorků byla získána rozřezáním, popř. sušením při teplotě do 100 °C.

Experimentální výsledky

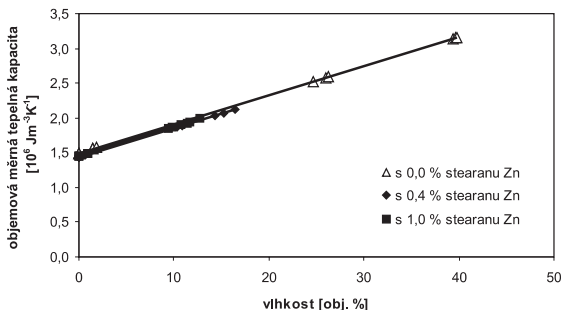
■ Objemová hmotnost byla vypočtena pomocí známé hmotnosti suchého vzorku a jeho objemu určeného měřením lineárních rozměrů. Pro omítku s metakaolinem bez hydrofobizační přísady byla zjištěna hodnota 1 520 kgm⁻³, která koresponduje s výsledky podle jiných metod (1 490 kgm⁻³) [3]. Pro omítku s 0,4 % stearanu zinečnatého to bylo 1 437 kgm⁻³, s 0,7 % 1 432 kgm⁻³ a s 1,0 % 1 424 kgm⁻³.

■ Porovnání součinitele tepelné vodivosti v závislosti na vlhkosti pro vápennou omítku s metakaolinem a s různou koncentrací stearanu zinečnatého ukazuje obr. 1, podobně je na obr. 2 znázorněn průběh objemové měrné tepelné kapacity. Hodnota pro vzorek s nulovou vlhkostí byla získána přístrojem ISOMET 2104, další byly dopočteny podle směšovacího pravidla. Z průběhu obou grafů je patrné, že hydrofobizační přísada absolutní hodnoty příliš neovlivní. Je však vidět výrazné snížení rozsahu měřené vlhkosti tím, že o dvě třetiny klesla maximální nasákavost. S tím také souvisí pokles maximálních hodnot v obou grafech.

■ U mechanické pevnosti se sledovalo, do jaké míry má koncentrace přísady negativní vliv na pevnost. Výsledky

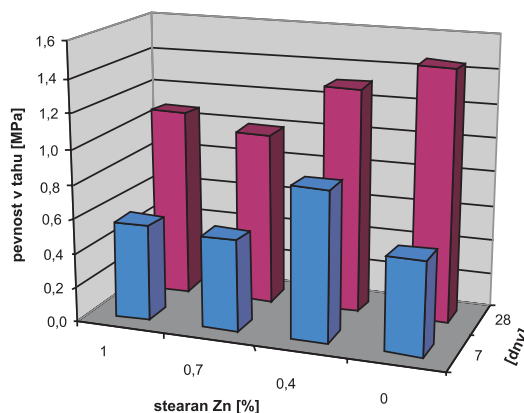


Obr. 1. Porovnání součinitele tepelné vodivosti v závislosti na vlhkosti pro zkoumané omítky

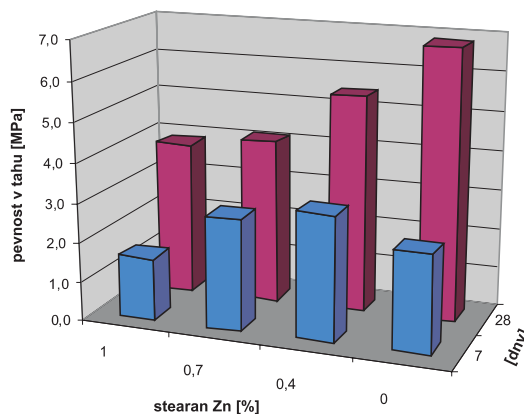


Obr. 2. Porovnání objemové měrné tepelné kapacity v závislosti na vlhkosti pro zkoumané omítky

v tahu za ohybu a v tlaku pro vzorky staré 7 a 28 dní jsou uvedeny na obr. 3 a obr. 4. Z grafů je patrné negativní ovlivnění mechanických vlastností – pevnosti – stearanem zinečnatým. Především je to zřejmé u údajů po 28 dnech. Ze získaných hodnot bylo možno sestavit závislost pevnosti v tahu za ohybu na hmotnostní koncentraci přísady pro vzorky staré 28 dní. Je zřejmé, že pevnost omítky s 1 % proti omítce s 0 % stearanu zinečnatého klesla o 40 %. U pevnosti v tahu za ohybu se tento rozdíl pohybuje okolo 27 %.



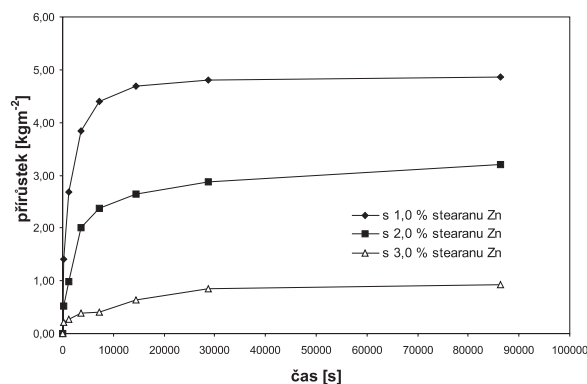
Obr. 3. Pevnost v tahu za ohybu omítky s metakaolinem v závislosti na obsahu stearanu zinečnatého



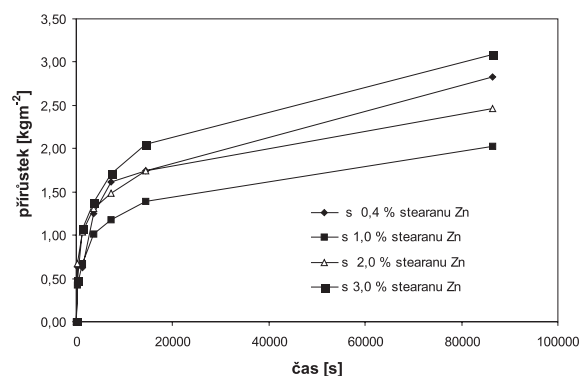
Obr. 4. Pevnost v tlaku omítek s metakaolinem v závislosti na obsahu stearanu zinečnatého

■ Výsledky měření kapilární nasákavosti vápenné omítky se stearanem zinečnatým v koncentraci 1, 2 a 3 % jsou uvedeny na obr. 5, pro vápennou omítku s metakaolinem při koncentraci 0,4; 1; 2 a 3 % na obr. 6. Vliv koncentrace přísady na rychlost kapilární nasákavosti je z těchto obrázků rovněž patrný. Z průběhu jsou zřejmé rozdíly mezi vápennou a vápěno-pucolánovou omítkou a dále rozdíly v závislosti na koncentraci stearanu zinečnatého. Hodnoty vlhkostního absorpčního součinitele, získané při absorpčním experimentu, jsou uvedeny v tab. 3.

Příznivý vliv hydrofobizační přísady na omezení pronikání kapalné vody do omítky je zřetelný. Na obrázku 7 je po-

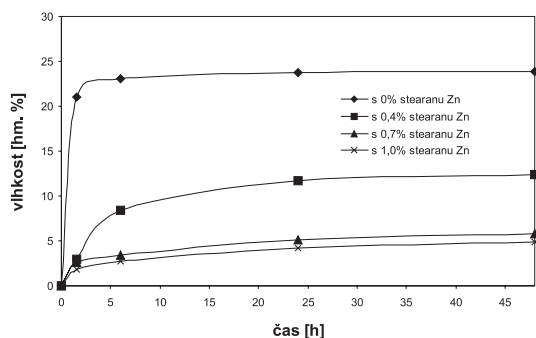


Obr. 5. Porovnání průběhu kapilární nasákovosti pro vápennou omítku v závislosti na koncentraci stearanu zinečnatého



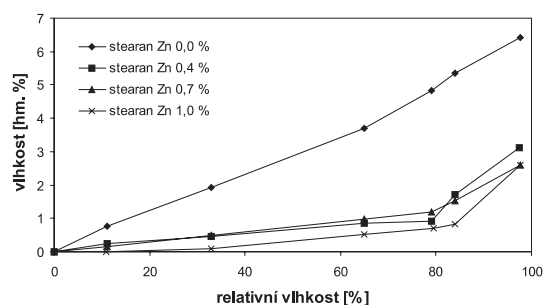
Obr. 6. Porovnání průběhu kapilární nasákovosti v jednoduchém experimentu pro omítku s metakaolinem v závislosti na koncentraci stearanu zinečnatého

rovnána nasákovost vzorků umístěných pod vodní hladinou a vzorků ponořených jen částečně s horní plochou vystavěnou laboratornímu prostředí. I zde je vliv hydrofobizace zřejmý. Ukazuje se, že vliv hydrofobizace na transport plynné vlhkosti u dvou zkoumaných vzorků hydrofobizovaných omítek v porovnání nehydrofobizovanými je téměř nepodstatný (tab. 1). Jen hodnota faktoru difúzního odporu omítky s 0,7 % stearanu zinečnatého je nepatrně vyšší než ostatní hodnoty.



Obr. 7. Porovnání objemové nasákovosti pro omítku s metakaolinem v závislosti na koncentraci stearanu zinečnatého

Při různé relativní vlhkosti nad nasycenými roztoky anorganických solí v exsikatorech byly získány sorpční a desorpční izotermy (obr. 7). Průběh sorpčních křivek ukazuje na snížení adsorbované vlhkosti s růstem obsahu stearanu zinečnatého. Omítky bez hydrofobizační přísady měla průběh blízký se přímce. Omítky s přísadou mají také téměř přímý průběh, ale jen do hodnoty relativní vlhkosti okolo 80 %, pak absorbovaná vlhkost prudce roste. Maximální



Obr. 8. Porovnání sorpčních izoterm pro zkoumané materiály

absorbovaná vlhkost je asi o 50 % nižší u všech modifikovaných omítek.

Diskuze

Výsledky měření by měly ukázat nejvhodnější koncentraci stearanu zinečnatého v hydrofobizované vápenné omítky s příměsí metakaolinu. U základních a tepelných vlastností nedošlo vlivem přísady k výrazným změnám. Svědčí o tom i skutečnost, že hodnoty součinitele tepelné vodivosti a měrné objemové tepelné kapacity pro suché vzorky jsou téměř identické pro všechny materiály.

Potvrdil se předpoklad o zhoršení mechanických vlastností hydrofobizovaných omítek s přísadami proti omítkám bez přísad. Lze konstatovat, že se zvyšující se koncentrací stearanu zinečnatého v této omítky klesá výrazně pevnost v tlaku i v tahu za ohybu, výrazný je pokles po 28 dnech. Pro omítku s koncentrací 0,4 % stearanu zinečnatého došlo při porovnání s referenční omítkou jen k relativně nízkému poklesu pevností, při vyšší koncentraci přísady je tento efekt mnohem výraznější. Z hlediska pevnostních charakteristik lze proto doporučit koncentraci 0,4 %. Vede jen k relativně malému poklesu pevnosti v tlaku, asi o 5 %, pevnost v tahu za ohybu se sníží asi o 15 %.

Měření absorpce vody na vzorcích klasické vápenné omítky s měnícím se množstvím stearanu zinečnatého jasně prokázala pozitivní vliv hydrofobizační přísady na omezení pronikání kapalné vody do omítky. Obdobně tomu bylo i u vápenné omítky s metakaolinem. S těmito závěry jsou v souladu i ostatní výsledky. Při použití nejnižší koncentrace 0,4 % bylo dosaženo téměř čtyřnásobného snížení vlhkostního absorpčního součinitele. Pro vyšší koncentrace by bylo možné dosáhnout ještě většího snížení, ale došlo by k nežádoucímu poklesu pevností.

Při zvolené koncentraci 0,4 % stearanu zinečnatého dojde na vnějším líci omítky k zábráně pronikání kapalné vlhkosti (např. při hnaném dešti). Nedojde však k negativnímu jevu, který u nevhodně navržených omítek nastává. Jde o to, aby vlhkost z místnosti a samotné konstrukce mohla volně difundovat do exteriéru. Podle získaných výsledků se hodnota faktoru difúzního odporu příliš nezmění a pro měřené koncentrace hydrofobizační složky (0 %, 0,4 % a 0,7 %) je téměř stejná. Simulace externích teplotních a vlhkostních podmínek pro omítku s metakaolinem, provedená v programu DELPHIN 4, naznačuje, že omítky s metakaolinem je pro historické zdivo vhodná. Historická konstrukce byla pro tyto účely v modelu složena z pískovce, pískovce a vápence, vápence [4].

Závěr

Z výsledků měření vyplývá, že pro vápenné omítky s příměsí metakaolinu je, především s ohledem na mechanické

vlastnosti, vhodné použít jako hydrofobizační přísadu stearan zinečnatý v koncentraci 0,4 %. Pronikání kapalné vody do konstrukce se výrazně omezí, ostatní vlhkostní a tepelné vlastnosti jsou lepší nebo zůstávají nezměněny. Je tedy možné předpokládat, že podobně se budou chovat i omítky, kde pucolánovou příměs bude tvořit mletý cihelný střep nebo mleté smaltové sklo.

Článek vznikl za podpory projektu č. 103/02/1081 GA ČR.

Literatura

[1] Tydlitát, V. – Kunca, A. – Drchalová, J. – Černý, R. – Rovnaníková, P.: Tepelné a vlhkostní vlastnosti vápenné omítky

s přísadou metakaolinu. *Stavební obzor*, 12, 2003, č. 4, s. 122–125.

[2] Tydlitát, V. – Kunca, A. – Drchalová, J. – Černý, R. – Rovnaníková, P.: Mechanické, vlhkostní a tepelné vlastnosti vápenných omítek s pucolánovými přísadami. *Stavební obzor*, 13, 2004, č. 4, s. 38–44.

[3] Tydlitát, V. – Tesárek, P. – Kunca, A. – Friedlová, L. – Černý, R.: Tepelné a vlhkostní vlastnosti vápenné omítky s přísadou metakaolinů – 2. část. *Stavební obzor*, 14, 2005, č. 1 s. 16–20.

[4] Maděra, J. – Černý, R.: Analýza životnosti vápenných omítek s pucolánovými přísadami na základě počítačové simulace přenosu tepla a vlhkosti v kamenném zdivu. [Sborník], Mezinárodní slovenský a český kalorimetrický seminář 2004, Demänovská Dolina, s. 53–56.

Tydlitát, V. – Tesárek, P. – Kunca, A. – Zuda, L. – Černý, R. – Rovnaníková, P.: The Effect of Hydrophobization on the Properties of Lime Plaster with Metakaoline

This paper deals with the effect of a hydrophobization admixture on the properties of lime-pozzolana plaster. The pozzolana admixture is metakaoline of domestic origin, the hydrophobization admixture is zinc stearate.

Tydlitát, V. – Tesárek, P. – Kunca, A. – Zuda, L. – Černý, R. – Rovnaníková, P.: Einfluss der Hydrophobierung auf die Eigenschaften von Kalkputz mit Metakaolin

Der Artikel behandelt den Einfluss eines hydrophobierenden Zusatzmittels auf die Eigenschaften von Kalk-Puzzolan-Putz. Der Puzzolanzusatzstoff ist Metakaolin einheimischer Herkunft. Hydrophobierendes Zusatzmittel ist Zinkstearat.

• zprávy

Zemina ze stavby Nového spojení cestuje vlakem

Projekt tunelů pod Vítkovem a jejich napojení na jednotlivé železniční koridory patří k nejnáročnějším dopravním stavbám, které kdy byly na území České republiky uskutečněny. Kromě dvou nových dvojkolejných tunelů, které tvoří jádro stavby, budou vybudovány čtyři železniční mosty, tunelový most o délce 130 m a 44 m dlouhý most Balabenka. Vznikne také 300 m dlouhá silniční estakáda spojující Krejčárek a Palmovku a mnoho dalších staveb. Výstavba Nového spojení a modernizace přilehlých tratí umožní začlenit železniční dopravu do systému integrované hromadné dopravy hlavního města Prahy, zlepší se také kvalita spojení mezi Prahou a aglomeracemi Středočeského kraje.

V průběhu akce bude přemístěno zhruba 700 tis. m³ zeminy, která bude z větší části použita v rámci stavby. Aby se předešlo dopravnímu kolapsu a omezila zátěž životního prostředí, odvázejí České dráhy přebytečnou zeminu po železnici na skládky Jeneč a Lužec. U výhybny Vítkov bylo zřízeno kolejiště a vybudována pracovní komunikace ve tvaru smyčky. Doprřed se hromadí vytěžený materiál, který se průběžně odváží.

Současně se připravuje stavební jáma pro ražbu tunelů pod Vítkovem a pokračuje stavba silniční estakády Krejčárek, která umožní nové propojení komunikací

Novovysočanská a Švábky. Pro řidiče je důležité, že bude odstraněn úrovniový přejezd přes vítkovskou trať, kde dosud stála auta v kolonách. Proti plánovanému harmonogramu bude estakáda zprovozněna o rok dříve, tedy v prosinci 2005.

V prostoru západního portálu tunelů Vítkov se pracuje na stavbě železničního přemostění Masarykova nádraží – čtyřkolejně estakády, která je svou konstrukcí světově ojedinělá. Pokračují práce na rozšíření Husitské ulice, která bude po dokončení v roce 2006 řešena jako čtyřproudová komunikace se středním dělicím pásem. Výrazně se tak zvýší bezpečnost a kapacita ulice i přilehlé křižovatky. Provoz na komunikacích bude zachován, práce si vyžádají jen částečné uzavírky na nezbytně nutnou dobu.

Zhotovitelem stavby „Nové spojení Praha Hlavní nádraží, Masarykovo nádraží – Libeň, Vysočany a Holešovice“ je Sdružení Pražské spojení, jehož vedoucím členem je Skanska ŽS a dalšími členy jsou Stavby silnic a železnic, Metrostav a Subterra. Investorem je Správa železniční dopravní cesty, státní organizace. Finanční prostředky na projekt poskytuje Státní fond dopravní infrastruktury.



Podélné nerovnosti vozovek – poznatky z rozsáhlých měření in situ

Ing. Oldřich KROPÁČ, DrSc.
Ing. Peter MŮČKA, CSc.

SAV – Ústav materiálů a mechaniky strojů
Bratislava

V článku jsou vyhodnoceny parametry charakterizující výkonovou spektrální hustotu nerovnosti povrchu vozovek, a to parametr nerovnosti C a vlnitost w pro dva rozsáhlé soubory dat. Bylo zpracováno 286 (z toho 99 podrobněji) charakteristik vozovek v Německu a 400 podélných profilů vozovek v USA. Neprojeví se významné rozdíly v parametrech C mezi vozovkami německými a americkými a mezi živičnými a betonovými. Naproti tomu významné rozdíly byly zjištěny pro vlnitost mezi vozovkami živičnými a betonovými v Německu a mezi jejich mediálními hodnotami v obou porovnávaných státech. Hlavním závěrem je doporučení vyhodnocovat parametry C a w samostatně a nezávisle na sobě pro oblasti krátkých a dlouhých vlnových délek.

1. Úvod

Silniční doprava představuje důležitou součást ekonomiky každého státu. Rozsah silniční sítě a její kvalita je proto důležitým ukazatelem jeho technicko-ekonomické úrovně. Mezi ukazateli kvality silnic je rozhodující velikost podélné nerovnosti vozovek, vyjádřená vhodnými fyzikálními veličinami. Nerovnost ovlivňuje (společně s dalšími ukazateli) řadu jevů a procesů vyvolaných jízdou po vozovce, které jsou převážně nežádoucí. Jde zejména o její namáhání a únavu, namáhání a únavu vozidla, dynamické zatížení nákladu, zhoršení pohodlí cestujících a bezpečnosti dopravy, jakož i další nepříznivé vlivy na životní prostředí (hluk, otřesy v okolí pozemní komunikace).

Způsoby, jakými nerovnosti vozovky ovlivňují uvedené jevy a procesy, jsou rozmanité a podrobně je studují odborníci na speciálních pracovištích po celém světě. Přitom uplatňují nejruznější ukazatele nerovnosti a jejich kombinace. V tomto článku uvedeme přehled nejdůležitějších z nich, jak se jeví podle posledních poznatků. Rozbohem výsledků získaných rozsáhlým měřením na silnicích dvou technicky vyspělých států si lze učinit přehled o typických hodnotách zmíněných číselných ukazatelů.

2. Ukazatele nerovnosti vozovek

V historickém vývoji lze sledovat vytváření ukazatelů nerovnosti vozovek paralelně s měřicími přístroji pro jejich stanovení.

2.1. Měřicí latě

Nejstarší a nejjednodušší způsob zjišťování nerovnosti vozovky spočívá v položení latě (délky obvykle 3 až 5 m) na vozovku a změření maximální vůle mezi ní a vozovkou. Průměrná hodnota stanovená z údajů opakovaných měření při postupném posouvání latě podél trasy vozovky se považuje za ukazatel její podélné nerovnosti. V původní podobě i v různých mechanizovaných obměnách se používá

dodnes, zejména pro přejímku prací na vozovce. Hlavní nevýhodou této metody, kromě časové náročnosti, je ovšem skutečnost, že poskytuje údaje o nerovnostech pouze do vlnové délky vyplývající z délky použité latě.

2.2. Charakteristiky odvozené z teorie náhodných funkcí

Již v padesátých letech minulého století byla rozpracována teorie náhodných funkcí s aplikací na nerovnosti povrchů vozovek, nejdříve pro letištní plochy [1], a později i pro silniční vozovky. Průběh výškových kót povrchu vozovky h [m] v závislosti na staničení l [m] podél trasy, tzv. podélný profil vozovky $h(l)$, se považuje za realizaci náhodné funkce $H(l)$. Za předpokladu, že tato funkce je homogenní s Gaussovým rozdělením, bez periodických složek a velkých izolovaných překážek, je funkce $H(l)$ plně určena svou výkonovou spektrální hustotou (dále VSH) $G_H(\Omega)$. Měřením velkého počtu vozovek bylo zjištěno, že VSH značné části vozovek lze aproximovat výrazem

$$G_H(\Omega) = C \cdot \Omega^{-w}, \quad (1)$$

kde Ω [rad/m] je vlnové číslo (délková úhlová frekvence), někdy je vhodnější použít jako argument délku vlny L [m] = $2\pi/\Omega$, C [rad⁻¹·m^{3-w}] je parametr nerovnosti a w [1] je vlnitost. V logaritmickém grafu se zobrazí jako přímka se směrnici w procházející bodem C .

2.3. Empiricky zavedené ukazatele

Pro výpočet VSH podle vztahu (1) bylo ovšem nutno znát podélný profil vozovky $h(l)$. Ten bylo v padesátých, resp. šedesátých letech, možno získat jen zdoluhavou a finančně náročnou nivelací, takže se její zjišťování omezilo jen k výzkumným účelům. Pro praxi se jevil jako žádoucí jednočíslný ukazatel, získaný pomocí jednoduchého zařízení. Proto se postupně objevila řada empiricky zhotovených přístrojů, založených převážně na odezvě na přejížděné nerovnosti, s různými komerčními názvy [2], [3], které poskytovaly individuální údaje, navzájem i značně rozdílné a jen obtížně převoditelné.

Do této kategorie lze zařadit i různé ukazatele vyjadřující subjektivní hodnocení úrovně nerovnosti na základě vizuálního posouzení a/nebo subjektivního ocenění pocitů jízdního pohodlí při jízdě po sledovaném úseku vozovky. V obou případech je nutno přesně stanovit podmínky, za nichž hodnocení probíhá. Rovněž je nutno zaškolit k tomu určený personál a „kalibrovat“ jeho rozlišovací schopnosti, a to na vozovkách, o nichž jsou známy jejich fyzikálně podložené ukazatele nerovnosti.

2.4. International Roughness Index

Ve snaze odstranit shora uvedenou mnohoznačnost v ukazatelích nerovnosti vozovek v důsledku různých principů konstrukce měřicích přístrojů byl navržen International Roughness Index (IRI) [4], [5], který je rovněž odezvového typu, avšak pro zjištění odezvy se nepoužívá speciálně konstruované měřicí zařízení, ale výpočetní program odpovídající modelu čtvrtinového vozidla (RQCS – Reference Quarter-Car Simulation). To ovšem znamená, že musí být

zadán podélný profil vozovky podobně jako pro výpočet VSH. Vzhledem ke zmíněné náročnosti standardní nivelace se jeho používání rozšířilo až poté, co byly vyvinuty speciální měřicí vozy pro zjišťování podélného profilu. Pak je ovšem vhodnější počítat VSH, která poskytuje bohatší charakterizaci nerovnosti. Názor, že IRI je výhodnější, protože poskytuje jen jeden, pro praxi údajně postačující ukazatel, je nesprávný. V článku [6] je na několika příkladech ukázáno, že stejná hodnota může příslušet značně rozdílným tvarům podélné nerovnosti charakterizovaným i značně rozdílnými tvary VSH. Pokud se tedy používá, musí být uveden i parametr vlnitosti w , který lze snadno odhadnout i pomocí algoritmu pro IRI [7].

2.5. Pásmové triády

Za ukazatel nerovnosti lze samozřejmě použít i rozptyl D_H , popř. směrodatnou odchylku σ_H podélné nerovnosti $H(l)$. Velikost těchto charakteristik je závislá na rozmezí vlnových délek, přes něž probíhá integrace. Vzhledem ke tvaru předpokládané VSH podle vztahu (1) je nutno obor vlnových délek omezit shora, vlivem vyhlazovacího účinku pneumatiky existuje i odůvodněná dolní mez efektivně účinných vlnových délek. V rámci přípravy evropských norem pro tuto oblast [8] bylo navrženo rozpětí efektivně účinných vlnových délek pro silniční vozovky (0,78 až 50 m). Zkušenosti s rutinním proměřováním vozovek silničních sítí vyspělých států, počínaje šedesátými léty minulého století, ukázaly, že je účelné rozlišovat tři pásma vlnových délek, z praktických důvodů [9], [10] odstupňovaná ve dvouoktávových odstupech, tj. s dílčími pásmy 0,78 – krátké – 3,125 – střední – 12,5 – dlouhé – 50 m. Pro jednotlivá pásma se uvedou dílčí rozptyly D_K , D_S , D_D , popř. ekvivalentní statistické charakteristiky. Vozovka jako celek je tedy charakterizována triádou (TBI – Three-Band Indicators), tj. vektorem tří definičně shodných číselných ukazatelů vztahujících se k vlnovým pásmům krátkým, středním a dlouhým. Podrobný rozbor simulovaných profilů se zadanými referenčními charakteristikami však ukázal [10], že odhady dílčích charakteristik pro dlouhé vlny jsou zatíženy nepřiměřeně velkými nejistotami (řádově až 100 %), což znamená značné omezení použitelnosti tohoto přístupu. Proto se zdá účelnější uvažovat pouze dvě pásma vlnových délek, a to krátké v rozmezí vlnových délek od 0,78 do 6,25 m a dlouhé v rozmezí od 6,25 do 50 m.

2.6. Vztahy mezi ukazateli nerovnosti

Používání různých ukazatelů podélné nerovnosti má smysl, jsou-li známy přepočítávací vztahy mezi nimi. Pro ukazatele, které tím či oním způsobem navazují na VSH nerovnosti, jsou tyto vztahy deterministické [9], [10], [11]. V článku [10] autoři dokumentovali systematické chyby, které vznikají při odchylkách VSH od předpokládaného přímkového tvaru, článek [11] obsahuje podrobný rozbor neurčitostí, kterými jsou zatíženy odhady jednotlivých ukazatelů jako podklad pro jejich kvalifikovaný výběr.

3. Přehled obsáhlejších měření

3.1. Měření z padesátých a šedesátých let minulého století

Tato měření byla vesměs orientačního výzkumného charakteru, nicméně vyhodnocovaly se VSH, popř. i s příslušnými korelačními funkcemi. První publikované údaje se týkaly letištních drah [1], později následovaly údaje o silničních vozovkách. Sumární zpracování v knize Chačaturova [12] je zaměřeno na analytický popis korelačních funkcí

a VSH nerovnosti nejen vozovek, ale i nepevných cest s výraznými periodickými složkami. V článku Wendeborna [13] jsou navíc uvedeny tyto statistické charakteristiky v grafické formě pro různě obdělaná pole jako podklad pro výpočet namáhání zemědělských strojů. Nejobsáhlejší soubor výsledků z tohoto období je v práci Brauna [14], kde je uvedeno 31 VSH německých vozovek různého konstrukčního provedení a provozního určení v jejich původních (nevylázených) průbězích a na dalších šesti grafech v jejich přímkovém vyrovnání v logaritmickém grafu. Je podáno i porovnání s dostupnými pracemi jiných autorů.

3.2. Srovnávací měření organizovaná Světovou silniční asociací

Jak jsme již uvedli, pro rutinní hodnocení nerovnosti povrchů vozovek bylo postupně vyvinuto a uvedeno do praxe mnoho různých přístrojů a zařízení ke zjišťování nerovnosti, založených na různých geometrických či fyzikálních úvahách. Ty pochopitelně poskytovaly (jedno)číselné charakteristiky specifické pro určité zařízení. Jak se dalo očekávat, číselné charakteristiky z různých přístrojů byly navzájem odlišné a pouze s vágními vazbami. Mezinárodní silniční asociace pro organizování silničních kongresů PIARC (Permanent International Association of Road Congresses, v roce 1995 přejmenovaná na WRA – World Road Association), která je od roku 1909 celosvětovým fórem pro otázky silniční dopravy, chápané v nejširším pojetí, proto v roce 1986 uspořádala v Brazílii srovnávací měření (International Road Roughness Experiment) s cílem vyjasnit vztahy mezi zmíněnými empirickými ukazateli podélné nerovnosti. Byl vybrán soubor vozovek různých konstrukčních a technologických provedení (včetně šterkové vozovky a přírodního terénu) a stanoveny ukazatele nerovnosti z jednotlivých měřicích zařízení. Jako porovnávací „etalon“ bylo zvoleno IRI, které bylo při této příležitosti prezentováno na veřejnosti a materiál [4] z této akce je základem metodickým návodem jak pro organizování měření nerovnosti, tak pro vyhodnocení IRI. Ukázalo se, že výsledky všech ukazatelů (s výjimkou IRI a HBO navazující na Analyseur de Profil en Long francouzské konstrukce) jsou zatíženy nepřijatelnými neurčitostmi a vazby mezi nimi jsou stochastické povahy s nízkými koeficienty korelace, přičemž některé korelační vazby jsou i značně nelineární. Z celkového hodnocení tohoto experimentu vyplynulo doporučení jako jednotný ukazatel podélné nerovnosti vozovek používat IRI.

Konstrukční zařízení k měření nerovnosti se proto nadále soustředili na co nejpřesnější zjištění podélného profilu konkrétní vozovky. K porovnání vlastností a výběru nejvhodnějšího zařízení pro zjišťování podélného profilu zorganizovala PIARC-WRA v roce 1998 další měření (EVEN – International Experiment to Harmonise Longitudinal and Transverse Profile Measurements and Reporting Procedures), a to ve třech světových regionech – v Arizoně, na ostrově Hokkaido a na silnicích po obou stranách hranice mezi Nizozemím a Německem (tato část programu dostala označení FILTER). Pro měření v Arizoně bylo připraveno 20 silničních etalonů, v Japonsku 15 etalonů, v obou se zúčastnilo jen několik měřicích vozů a vyhodnocovalo se pouze jediný ukazatel, totiž IRI [15]. Naproti tomu na měření v Evropě (s 11 etalony) se podílelo 17 typů měřicích vozů [16], vyhodnocovalo se 7 jednočíselných ukazatelů (z toho IRI a nezávisle na sobě C a w) a 7 pásmových triád [17]. Výsledky programu FILTER jsou publikovány podrobně v materiálech WRA [18], stručné přehledy jsou v [19], [20]. Podobně jako v případě měření v roce 1986

byly i zde voleny etalonové úseky vozovek tak, aby rovnoměrně pokryly rozmezí vyskytujících se hodnot ukazatelů nejen podélné nerovnosti jako přednostní, ale též příčné včetně hloubky vyjetých kolejí.

3.3. Podrobná měření silničních sítí

Správci silničních sítí ve všech státech si pořizují informace o stavu vozovek a podle nich plánují a provádějí jejich údržbu, resp. generální opravy a rekonstrukce. Tyto údaje jsou interního charakteru a širší veřejnosti nedostupné. Autorům tohoto pojednání se podařilo objevit pouze dva publikované soubory dat o podélných nerovnostech vozovek většího rozsahu, a to výsledky měření ve Spolkové republice Německo z let 1979, 1982 a 1984, navazující na měření v roce 1966, a soubor podélných profilů vozovek v USA publikovaných na internetu.

3.3.1. Měření ve Spolkové republice Německo

Základní dokumentaci tvoří soubor interních materiálů zpracovatele tohoto programu, jímž byl Institut für Fahrzeugtechnik, Technische Universität Braunschweig [21a]. Zpráva obsahuje textový svazek a pět příloh číselných a grafických údajů (přílohy 1A, 1B, 1C, 2, 3) o celkovém rozsahu kolem tisíce stran. Publikovaná verze zpracovali stejní autoři ke stejnému datu a pod stejným názvem pro sbírku Forschung Strassenbau und Strassenverkehrstechnik, vydávanou Ministerstvem dopravy SRN. Ještě před jejím vydáním však byly zjištěny systematické chyby v hlavních číselných údajích. To vedlo k jejímu pozastavení a doplnění o část druhou, datovanou v červenci 1990, ve které je podstatně doplněna textová část a jsou korigovány číselné údaje. Ke společnému vydání obou částí došlo v roce 1991 [21b]. (Kromě této úřední publikace někteří její spoluautoři uveřejnili články v časopisech nebo referáty na konferencích. Starší z nich, zejména [2], obsahují chybná data, publikace po roce 1990 uvádějí již data opravená.) Jak z názvu obou zpráv [21] vyplývá, bylo v prvním předběžném kroku provedeno vyhodnocení deseti různých přístrojů pro zjišťování podélných profilů vozovek. Z nich byl jako nevhodnější vybrán anglický měřicí systém HSRM (High-Speed-Road-Monitor), s nímž bylo proměřeno 302 úseků o celkové délce na 1 500 km. Podle rozmístění úseků po celém území SRN lze výběr úseků považovat za reprezentativní.

Základní vyhodnocovací jednotkou byly úseky délky 100 m při vzorkovacím kroku 0,1 m, takže každý obsahoval posloupnost 1 000 výškových údajů podélného profilu. Každý se dále dělil v rozmezí od 1 do 245 a byl identifikován v terénu s uvedením kategorie (dálnice, spolková, zemská, okresní silnice), technologie krytu (celobetonový, živičný, několik případů dlážděné vozovky bylo vynecháno), ve které stopě se měřilo (pravá, levá, uprostřed) a subjektivním hodnocením kvality podle vizuálního posouzení vozovky doplněného o subjektivní hodnocení jízdního pohodlí (stupně od 1 – nejlepší po 0,5 do 6 – nejhorší). Vyhodnocení spočívalo ve výpočtu VSH jednotlivých úseků a jejich vyrovnání přímkami v logaritmickém grafu a vyhodnocení průměrné VSH pro celý úsek v grafickém zobrazení bez vyrovnání. Z nich byly vypočteny parametry C a w podle modelu VSH (1) se směrodatnými odchylkami σ_C a σ_w . Součástí grafické dokumentace byla i hustota pravděpodobnosti f_H všech úseků. Byl vyhodnocen průběh C a w podél jednotlivých částí jako ukazatel nehomogenosti. Tato dokumentace byla zahrnuta do příloh 1A, 1B a 1C ke zprávě [21a], z nichž měli autoři k dispozici pouze přílohu 1A. Po vyloučení vozovek s dlažbami a s neúplnými údaji bylo využito 286 údajů o C , w a subjektivním hodnocení a 99 grafů VSH, hustoty pravděpodobnosti a korelace mezi C a w

mezi dílčími úseky. Z grafů VSH autoři dodatečně vyhodnotili (subjektivně graficky) vlnitost pro dlouhé a krátké vlnové délky, w_D a w_K , rozdíly v hodnotách C pro jednotlivé stopy, korelace mezi C a w a mezi C a subjektivním hodnocením, dále odhadli periodičnost ve VSH a subjektivně klasifikovali odchylky od normálního rozdělení nerovnosti.

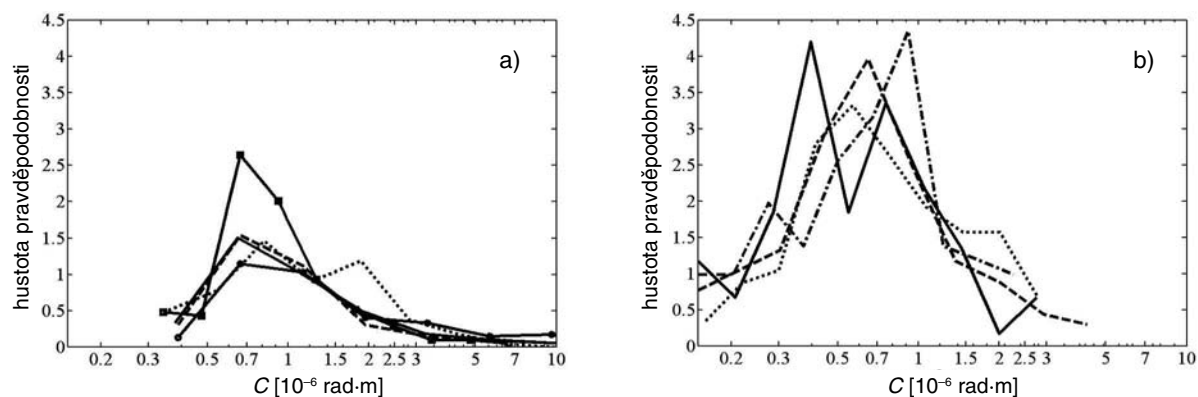
3.3.2. Podélné profily v USA

Výzkumný dopravní ústav michigenské univerzity (UMTRI) v roce 1987 zahájil dvacetiletý program systematického proměřování nerovností silniční (dálniční) sítě (LTPP-GPS) ve Spojených státech a Kanadě. Opakovaně se sleduje 780 úseků vybraných vozovek pomocí profilometrů firmy K. J. Law [22]. Jednotná délka úseků 152,4 m je dána tisíci výškovými údaji profilu měřeními po 0,1524 m (0,5 ft). Každý úsek je označen datem měření, místem (stát) a údajem o konstrukci vozovky (pro porovnání s německými údaji bylo uvedených osm typů silničeno do dvou, s betonovým krytem a živičným krytem), s uvedením údaje z pravé a levé stopy. Z profilů uveřejněných na webu bylo subjektivně vybráno 200 úseků (v pravé i levé stopě, tedy celkem 400 souborů), vesměs ze států Unie, a z nich byly vyhodnoceny jejich VSH. Z přímkově vyrovnaných průběhů byly vypočteny C a w . Podle původního záměru se předpokládá výpočet parametrů pásmových triád jako podklad pro hodnocení tohoto způsobu charakterizace podélné nerovnosti, ale vzhledem k velkým nejistotám v odhadu vlnitosti pro dlouhé vlny (viz odst. 2.5) a pro možnost porovnání s německými údaji bylo od tohoto záměru upuštěno a byla vyhodnocena pouze vlnitost pro dlouhé a krátké vlnové délky.

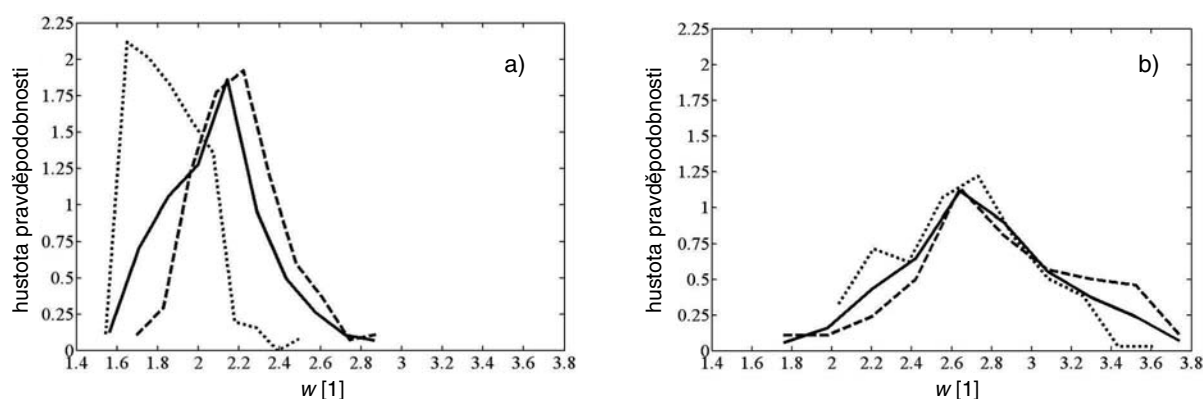
3.3.3. Porovnání výsledků

Vyhodnocení obou rozsáhlých souborů je uvedeno na obr. 1 až obr. 4, přičemž výsledky ad a) se vztahují na měření německá, ad b) jsou výsledky ze Spojených států (pro vizuální porovnatelnost mají shodný formát i rozmezí stupnic).

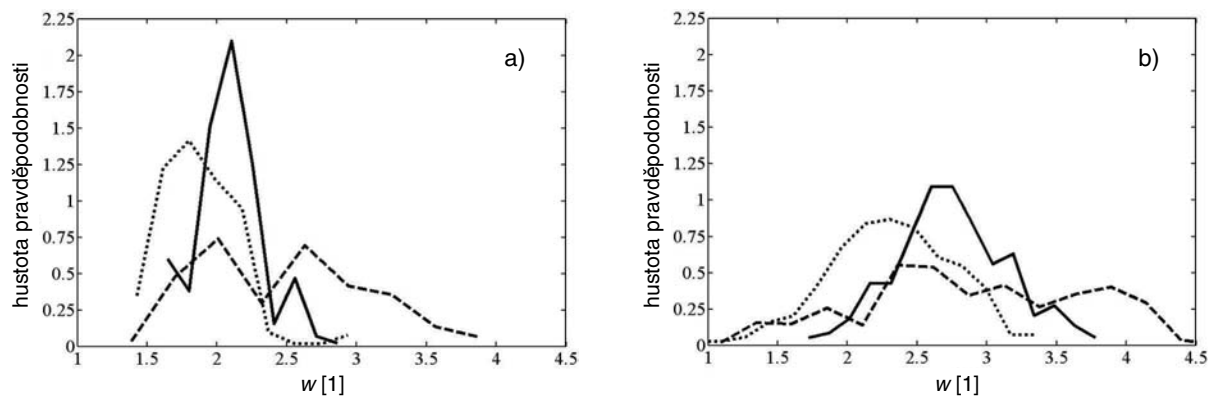
● Na obrázcích 1 a 2 je vynesena hustota pravděpodobnosti parametrů C a w , jak vyplývá z aproximace funkce VSH ve tvaru (1). Z obrázku 1 je rovněž zřejmá hustota pravděpodobnosti parametru nerovnosti C (v logaritmické stupnici), která by měla objasnit rozdíly mezi živičnými (A) a betonovými (B) kryty vozovek a dále mezi stopami levými (L) a pravými (P) [21]. U dat ze Spojených států bylo možné údaje obou těchto ukazatelů kombinovat, tedy vyhodnotit varianty AL, AP, BL, BP, avšak u německých dat, kde byl k dispozici jen malý počet údajů pro betonové vozovky, bylo provedeno porovnání mezi variantami A, B, (A + B), (A + B)L a (A + B)P. Před vyhodnocením těchto grafů je nutno uvést, že odhad parametrů C pro jednotlivé úseky je zatížen značnými nejistotami (relativní směrodatné odchylky jsou v průměru 65 %, vyskytly se však i případy s nejistotami přes 100 %). Z toho vyplývá, že významné rozdíly mezi uvažovanými variantami se neprojeví, i když v každém z obou souborů se po jednom vyskytl dvouvrcholový průběh hustoty pravděpodobnosti. U obou souborů lze konstatovat přibližně stejné mediánové hodnoty v okolí $0,7 \cdot 10^{-6}$ rad-m, u německých silnic se vyskytly případy s většími nerovnostmi (což odpovídá tomu, že byly zahrnuty i méně kvalitní okresní silnice), u amerických silnic bylo naopak dosti případů se značně kvalitnějšími povrchy (patrně nové kryty). Údaje z USA (s výjimkou případu AL) dosti dobře aproximují normální rozdělení $\log C$, tedy lognormální rozdělení C . Obrázky 1a a 1b lze porovnávat jen pokud jde o tvary hustot pravděpodobnosti, avšak (vzhledem k použité logaritmické stupnici pro C) nikoli podle plošných obsahů pod křivkami hustoty pravděpodobnosti.



Obr. 1. Hustota pravděpodobnosti parametru nerovnosti C (v logaritmické stupnici)
 a) $A + B$ – plně, $(A + B)L$ – plně s kroužky, $(A + B)P$ – plně se čtverečky, A – čárkovaně, B – tečkovaně;
 b) AL – plně, AP – čárkovaně, BL – čerchovaně, BP – tečkovaně



Obr. 2. Hustota pravděpodobnosti vlnitosti w
 $A + B$ – plně, A – čárkovaně, B – tečkovaně

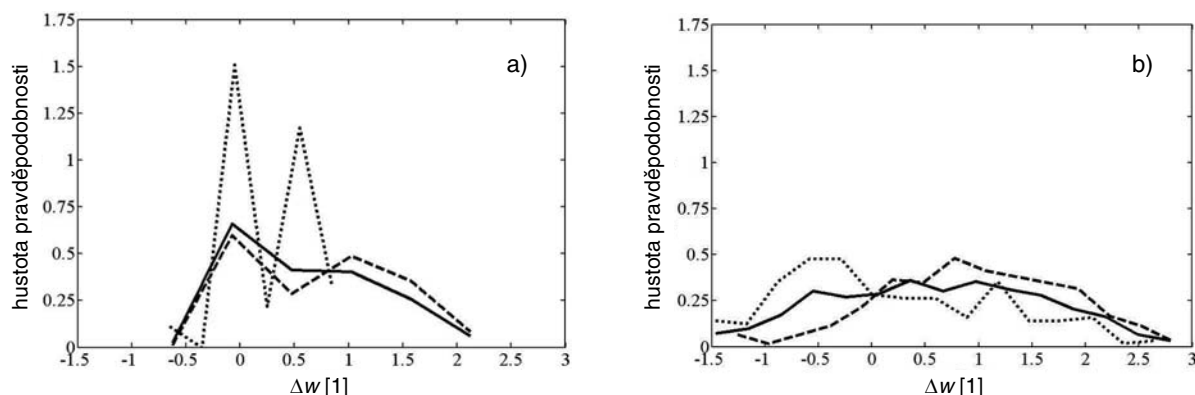


Obr. 3. Hustota pravděpodobnosti vlnitosti w podle pásem vlnových délek
 w – plně, w_D – čárkovaně, w_K – tečkovaně

● Na obrázku 2 je znázorněna hustota pravděpodobnosti vlnitosti w pro případy $A + B$, A a B . Neurčitost odhadu w je poměrně nízká (relativní směrodatná odchylka činí kolem 8 %), takže rozdíly ve vlnitosti mezi německými vozovkami betonovými a živičnými lze považovat za významné, zatímco u amerických vozovek tyto rozdíly významné nejsou. Zřetelné rozdíly mezi oběma soubory spočívají i v tom, že mediánové hodnoty jsou u německých vozovek kolem 2,2 (u betonových dokonce jen 1,7), zatímco u amerických kolem 2,6.

● Na obrázku 3 je zakreslena hustota pravděpodobnosti parametrů vlnitosti w , w_K a w_D pro soubory $A + B$. Rozdíly mezi obrázky a a b jsou způsobeny zejména tím, že vyhodnocení w_K a w_D z německých měření se dělo vizuálně z VSH, takže hodnoty blízko w byly zanedbány, zatímco u amerických

kých měření byly odhady všech vlnitostí počítány z VSH vlastním programem pro analýzu nerovností vozovek vytvořeném v prostředí Matlab. I tak jsou si výsledky podobné s tím, že všechna tři uvažovaná rozdělení nejsou až tak rozdílná (ovšem s výjimkou w_D , která vykazuje značné četnosti pro vysokou vlnitost). Podstatné rozdíly mezi vlnitostmi pro krátké a dlouhé vlnové délky se projeví, budeme-li uvažovat rozdíly $\Delta w = w_D - w_K$ (obr. 4). Zúžené rozmezí hodnot Δw u německých měření je nutno připsat na vrub již zmíněnému subjektivnímu odhadování hodnot w_D a w_K , jakož i malému počtu dat, u amerických vozovek je toto rozmezí značně velké, od $-1,5$ do $2,7$. Pokud se týká malých rozdíků mezi vozovkami živičnými a betonovými, je celková tendence v obou porovnávaných souborech podobná.



Obr. 4. Hustota pravděpodobnosti rozdílu vlnitostí $\Delta w = w_D - w_K$
A + B – plně, A – čárkovaně, B – tečkovaně

Výrazné korelace mezi C a w [21a] mezi dílčími segmenty se projevily jen v malé míře, nicméně v jednotlivých případech a malých počtech korelovaných dvojic dosahovaly hodnoty téměř jedna. Při zpracování této korelační vazby pro celé měřicí úseky byly pro německé vozovky zjištěny statisticky významné koeficienty korelace, $r = 0,30$ pro betonové kryty a $r = 0,50$ pro živičné. Ve vyjádření pomocí regresních vztahů to znamená

$$w = 0,169 \cdot \log C + 2,20, \sigma_w = 0,16 \text{ pro vozovky betonové,}$$

$$w = 0,324 \cdot \log C + 2,53, \sigma_w = 0,20 \text{ pro vozovky živičné.}$$

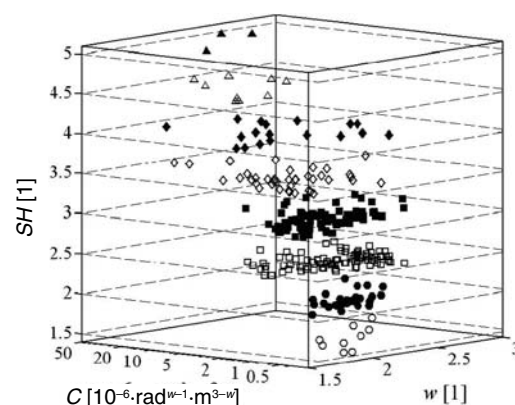
Pro vozovky v USA tato korelace byla zcela nevýznamná ($r = 0,15$ pro živičné a $r = -0,20$ pro betonové).

3.3.4. Doplnkové údaje

Velmi zajímavé jsou poznatky [21] o korelaci mezi subjektivním hodnocením a oběma parametry VSH, tedy C a w . Výsledky jsou přehledně znázorněny na obr. 5, kde korelace mezi C a w jsou vyneseny pro úroveň subjektivního hodnocení (SH) nad sebou a na obr. 6 po jejich promítnutí přes SH do roviny $C-w$. Zde je vykreslena i regresní funkce $w = 0,262 \cdot \log C + 2,084$, $\sigma_w = 0,25$. Korelace mezi C a w byly nejvýraznější jednak pro nízké, jednak pro vysoké hodnoty SH, zatímco u středních úrovní korelace byla značně nižší (tab. 1). To zřejmě plyne z toho, že velmi nízké a velmi vysoké hodnoty SH se odhadují lépe (s menší neurčitostí) než hodnoty pro střední nerovnosti. I když korelace pro celý soubor dat zprůměrovaný přes SH není příliš vysoká, je přesto významná, takže je zřejmé že SH zahrnuje současně vliv C i w . Vyhodnocení korelace mezi SH a C dalo přibližně stejné hodnoty $r = 0,5$ pro vozovky betonové i živičné, korelace mezi SH a w je však zanedbatelná. Znamená to dominantní vliv parametru C a doplňkový vliv vlnitosti w .

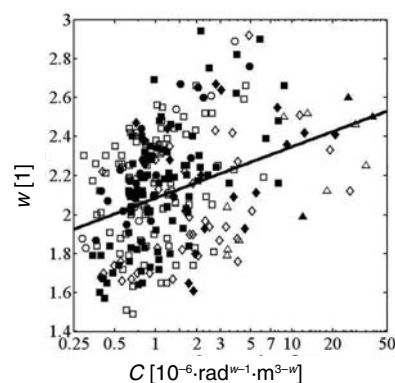
Protože měřené úseky vozovky měly různý počet dílčích částí po 100 m, bylo možné vyhodnotit relativní směrodatnou odchylku σ_C/C v závislosti na jejich počtu (NS) v úseku. Pro živičné vozovky se tato závislost neprokázala, avšak pro betonové vozovky byla zjištěna významná korelace $r = 0,50$.

Z anomálií v průběhu VSH je nutno zmínit častý výskyt špiček, převážně na vlnové délce 5 m, odpovídající u betonových vozovek délce bloku, ale ovšem i u dalších vlnových délek, zejména 2 a 10 m. Zhruba u poloviny živičných



Obr. 5. Korelace mezi C a w pro jednotlivé úrovně subjektivního hodnocení SH pro německá měření

○ – 1.5; ● – 2; □ – 2.5; ■ – 3; ◇ – 3.5; ◆ – 4; △ – 4.5; ▲ – 5



Obr. 6. Korelace mezi C a w celého souboru německých měření

○ – 1.5; ● – 2; □ – 2.5; ■ – 3; ◇ – 3.5; ◆ – 4; △ – 4.5; ▲ – 5

vozovek se projevilo značně vypuklé prohnutí VSH v širší oblasti v okolí vlnových délek 20 m.

Odchylky od normálního rozdělení byly z grafů hustoty pravděpodobnosti posouzeny vizuálně a hodnoceny stupnicí od -1 (mírně ploché) přes 0 (normální) ke kladným hodnotám 1 až 4 vyjadřujícím narůstající špičatost. V procentním vyjádření to bylo -1 (2), 0 (32), 1 (48), 2 (11), $3 + 4$ (7).

Tab. 1. Korelace r mezi C a w pro jednotlivé úrovně subjektivního hodnocení

SH	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	Průměr
n	9	32	92	82	40	18	9	3	285
r	0,92	0,81	0,31	0,58	0,47	0,56	0,64	0,96	0,33
$r_{n,\alpha}$	0,67	0,35	0,17	0,18	0,26	0,4	0,67	0,99	0,12

SH – porovnání s kritickými hodnotami $r_{n,\alpha}$, n – počet hodnot souboru, $\alpha = 0,95$

4. Závěry a doporučení

Z rozsáhlých měření vozovek in situ s připomenutím obecných principů pro zpracování statistických dat lze vyvodit závěry a doporučení na dvou úrovních.

■ Z hlediska co nejúplnější charakterizace podélné nerovnosti, která by byla použitelná pro nejrůznější účely, lze doporučit zejména následující postupy. Při výběru úseků vozovky určených k vyhodnocení dbát na to, aby byly (kvazi)homogenní a dostatečně dlouhé (žádoucí by bylo 500 m se vzorkovacím krokem 0,1 m, při kratší délce značně narůstá inherentní statistická nejistota odhadu příslušných parametrů). Rozdíly mezi obvykle vyhodnocovanými dílčími úseky (o délce 100 m) jsou převážně jen náhodné a přispívají ke zvětšení náhodného rozptylu nerovnosti jako celku. Je žádoucí soustředit se na místa náhlé změny kvality mezi dvěma sousedními úseky, daná rozdílnými technologiemi výstavby nebo rozdílným dopravním zatížením, a zde zvolit konec, resp. začátek vyhodnocovaného úseku. Pro nehomogenost separovatelného typu, pokud se výjimečně vyskytne, platí pro její VSH vztah $G_H(\Omega, l) = D_H(l) \cdot G_0(\Omega)$, takže stačí doplňkově stanovit $D_H(l)$. Pro obecně nehomogenní VSH byly vypracovány přístupy pomocí wavelets, popř. pomocí Hilbertovy-Huangovy transformace (jejich uplatnění se však v současnosti zdá být reálné pouze pro výzkumné účely). Je rovněž nutno vyřadit úseky s většími překážkami a v rámci požadavku na obecnou charakteristiku celé trasy uvést statistiku jejich výskytu. Je-li velkých náhodných nerovností (jde zejména o výtluky) větší počet, jak pokud jde o velikost, tak o rozmístění podél trasy, lze takový úsek chápat jako (kvazi)homogenní „ve velkém“ a zpracovat ho obvyklými postupy.

Dosavadní způsob charakterizování VSH nerovnosti dvěma parametry modelu (1), tj. C a w , popř. jinými ekvivalentními parametry, je nutno považovat za minimální. Výsledky hodnocení v rozsáhlých souborů podélných profilů vozovek přesvědčivě prokazují, že model VSH tvaru (1) je nutno zobecnit alespoň tak, že VSH se v logaritmickeém grafu aproximuje dvěma na sobě nezávislými přímkami v oblasti vlnových délek krátkých a dlouhých, jimž přísluší parametry C_K , w_K a C_D , w_D . Je-li $C_K \neq C_D$, obě přímkami se protnou mimo empiricky stanovenou hranici mezi krátkými a dlouhými vlnovými délkami, která je 6,25 m. Výjimečně se může stát, že sice $C_K \neq C_D$, avšak $w_K \approx w_D$. Pak se obě přímkami nemusí protnout vůbec a je třeba jejich platnost vymezit na příslušný interval krátkých a dlouhých vlnových délek s tím, že na délce 6,25 m je přetržitost v průběhu VSH. Alternativně lze takový případ vyjádřit zjednodušeně jednou přímkou s parametry $C \approx (C_K \cdot C_D)^{1/2}$ a $w \approx 0,5 \cdot (w_K + w_D)$. Pro detekci periodických složek se doporučuje vedle VSH, kde se periodičnost projeví jako výrazná špička v jejím jinak přibližně hladkém průběhu, vyhodnotit i příslušnou korelační funkci, která umožní přesnější odhad amplitudy. Odezvu na individuální velkou překážku je nutno řešit jako deterministickou úlohu s uvažováním tíhových sil působících na vozidle. Při studiu kumulativních účinků sil působících v důsledku nerovnosti konkrétní vozovky jak na vozovku, tak na vozidlo, je ovšem nutno vycházet z celého podélného profilu. Úlohy uvedené v předchozích odstavcích jsou metodicky zvládnuté a ověřené (viz citovaná literatura a další odkazy tam uvedené), takže nic nebrání jejich rutinnímu užívání v praxi.

■ Správce pozemních komunikací kromě dosud uvedených charakteristik zájímají zejména ukazatele upozorňující na kritický stav vozovky, vyžadující její opravu či generální rekonstrukci. Přitom se na nevyhovujícím stavu

vozovky kromě podélné nerovnosti podílejí i další vlastnosti jejího povrchu, jako je příčná nerovnost (vyjeté koleje), drsnost (mikrotextura) a nejrůznější defekty.

V úvodu jsme naznačili hlavní negativní dopady provozu na nekvalitních vozovkách. Jednotlivé vlastnosti povrchu se na nich podílejí diferencovaně a různě složitým způsobem. Zpravidla se používají různé empiricky zjištěné formální modely, v nichž jednotlivé složky kvality povrchu reprezentuje jeden číselný parametr. Zejména složitým způsobem se nedokonalosti povrchu vozovek promítají do zhoršeného pohodlí cestujících, kde se nové poznatky získávají náročnými experimenty s pokusnými osobami. V této souvislosti má proto své opodstatnění i subjektivní pocitové hodnocení úrovně podélné nerovnosti.

Tato oblast charakterizace stavu vozovky je dosud ve stavu hledání výstižných ukazatelů a kritérií, a představuje tedy výzvu zejména mladým adeptům výzkumu.

Literatura

- [1] Houbolt, J. C.: Runway Roughness Studies in the Aeronautical Field. Proc. ASCE – J. Air Transp. Div., **87**, 1961, pp. 11–31.
- [2] Gerz, U.: Auf dem Wege zu Grenzwerten für Fahrbahnebenheiten. Automobil-Industrie, **32**, 1987, Nr. 5, pp. 461–474, Nr. 6, pp. 649–657.
- [3] Wambold, J. C.: State of the Art of Measurement and Analysis of Road Unevenness. In: Proceedings of the First Czech Symposium on Road and Airfield Surface Characteristics ROADSURF'98. Prague, ČSVTS 1998.
- [4] Sayers, M. W. – Gillespie, T. D. – Paterson, W. D. O.: Guidelines for Conducting and Calibrating Road Roughness Measurements. Tech. Paper, No. 46, World Bank, 1986.
- [5] Sayers, M. W.: On the Calculation of IRI from Longitudinal Road Profile. Transport Research Board, Washington, D.C., Paper No. 950842, 1995, 24 p.
- [6] Kropáč, O. – Múčka, P.: Be Careful when Using the IRI as an Indicator of Road Unevenness. Journal of Sound and Vibration (in print).
- [7] Kropáč, O. – Múčka, P.: Estimation of Road Waviness Using the IRI Algorithm. Strojnícky časopis, **55**, 2004, č. 5, s. 308–313.
- [8] prEN 13036-5 Road and Airfield Surface Characteristics. Test Methods, Determination of Longitudinal Unevenness Indices. CEN/TC 227/WG 5/TG 1, Draft 3.1 on 18. Oct. 2002.
- [9] Kropáč, O. – Múčka, P.: Relations between Characteristics of Longitudinal Unevenness of Roads: A Review. Strojnícky časopis, **54**, 2003, No. 1, pp. 49–64, Erratum and Amendments: Ibid., No. 3, pp. 188–194.
- [10] Kropáč, O. – Múčka, P.: Non-Standard Longitudinal Profiles of Roads and Indicators for their Characterization. Int. J. Vehicle Design, **36**, 2004, No. 2–3, pp. 149–172.
- [11] Kropáč, O. – Múčka, P.: Mostly Used Indicators of Longitudinal Road/Runway Unevenness: Definitions, Attainable Uncertainties, Mutual Conversions and Basic Reference Data. J. Transp. Engng. ASCE (submitted for publication).
- [12] Chačaturov, A. A. (red.): Dinamika systému doroga – šina – avtomobil – voditel. Moskva, Mašinostrojenije 1976.
- [13] Wendeborn, J. O.: Die Unebenheiten landwirtschaftlicher Fahrbahnen als Schwingungserreger landwirtschaftlicher Fahrzeuge. Grundlagen der Landtechnik, **15**, 1965, pp. 33–46.
- [14] Braun, H.: Untersuchungen über Fahrbahnebenheiten. Düsseldorf, Deutsche Kraftfahrtforschung und Strassenverkehrstechnik, Heft 186, VDI-Verlag 1966.
- [15] Schmidt, B.: International Experiment to Harmonize Longitudinal and Transverse Profile Measurements and Reporting Procedures EVEN. Routes/Roads, No. 308, 2000, pp. 49–67.
- [16] Descornet, G.: Inventory of High-Speed Longitudinal and Transverse Road Evenness Measuring Equipment in Europe. Belgian Road Research Centre, Brussels, FEHRL Tech. Note 1999/1.
- [17] Willet, M. – Magnusson, G. – Ferne, B. W.: FILTER Experiment – Theoretical Study of Indices. FEHRL Techn. Note 2000/02, Crowthorne, Berkshire, U. K., Transport Research Laboratory, VII + 61 + 51 pp.

- [18] Ducros, D. M. – Petkovic, L. et al.: FILTER Experiment – Longitudinal Analyses. FEHRL Final Report 2001/1, Paris, Laboratoire Central des Ponts et Chaussées, XIII + 254 p.
- [19] Kropáč, O. – Šprinc, J. – Šprinc, M.: Výsledky mezinárodního harmonizačního experimentu EVEN-FILTER a jejich využití v praxi: podélné nerovnosti vozovek. Silniční obzor, **64**, 2003, č. 2, s. 37–48.
- [20] Kropáč, O. – Šprinc, J. – Šprinc, M.: Pásmové charakteristiky podélné nerovnosti vozovek. Stavební obzor, **12**, 2003, č. 7, s. 217–222.
- [21] Braun, H. – Liesner, W. – Gerz, U. – Ohnemüller, L. – Altendorfer, D. – Sulten, P. – Hellenbroich, T. – Ueckermann, A.: Sammlung und Auswertung von Strassenunebenheitsdaten. Untersuchung und Vergleich verschiedener Meßgeräte und Auswerteverfahren auf Eignung zur routinemäßigen Erfassung und Bewertung des Ebenheitszustandes. a) IFF – Bericht Nr. 651 Anhang, Band 1A (Anhang A1 und A2A). Technische Universität Braunschweig, Institut für Fahrzeugtechnik, 1985; b) Forschung Straßenbau und Strassenverkehrstechnik, Heft 598, Bundesminister für Verkehr, Bonn-Bad Godesberg 1991.
- [22] www.umtri.umich.edu/erd/roughness/ltp.erd.html

Kropáč, O. – Múčka, P.: Longitudinal Unevenness of Pavements – Knowledge Gained in Extensive in Situ Measurements

In this paper, parameters, which characterize the power spectral density of road surface unevenness, see the unevenness index C and waviness w , were evaluated for two large sets of data. In total, 286 (99 in detail) characteristics of German roads and 400 longitudinal profiles of roads in the United States were evaluated. No distinct differences were found in parameters C between German and American roads and between asphalt and cement-concrete surfaces. On the other hand, distinct differences were detected for waviness values between asphalt and cement-concrete roads in Germany and between their median values when compared between both countries. As the main conclusion, the recommendation was expressed that parameters C and w should be evaluated separately and independently of each other for short and long wavelength bands.

Kropáč, O. – Múčka, P.: Längsunebenheit von Straßen – Erkenntnisse aus umfangreichen Messungen in situ

In dem Beitrag werden die Parameter, welche die spektrale Dichte der Unebenheit von Straßenfahrbahnen charakterisieren, d.h. das Unebenheitsmaß C und die Welligkeit w für zwei umfangreiche Komplexe ausgewertet. Insgesamt wurden 286 Charakteristiken deutscher Straßen (davon 99 ausführlicher) und 400 Längsprofile von Straßen in den Vereinigten Staaten ausgewertet. Es wurden keine bedeutenden Unterschiede bei den Parametern C zwischen deutschen und amerikanischen Strassen und zwischen Bitumen- und Betondecken festgestellt. Dagegen wurden bedeutende Unterschiede für die Welligkeiten zwischen Bitumen- und Betondecken in Deutschland und zwischen ihren Welligkeiten in Bezug zu beiden Staaten festgestellt. Als wichtigste Schlussfolgerung wurde die Empfehlung ausgedrückt, dass die Parameter C und w getrennt und voneinander unabhängig für kurze und lange Wellenlängen ausgewertet werden sollten.

• dizertace



Boční přelivy a bezpečnost přehrad

Ing. Martin Králík

Práce určuje maximální kapacitu bočních přelivů přehrad a její důsledek na jejich bezpečnost. Je zaměřena experimentálně a přispěla k prohloubení znalostí o chování přelivů v extrémních podmínkách.

Numerická analýza odezvy železobetonových nosníků s velkými otvory

Ing. Martin Stádník

V práci je pomocí numerického modelu zkoumán vliv velkých otvorů na chování železobetonových stěn s velkými rozpětím. Výsledkem jsou ověřené názory na umístění otvorů a vyztužení okolní oblasti.

Analýza únosnosti pražcového podloží

Ing. Leoš Horníček

Autor se zabývá reálným chováním železničního spodku a opírá se o teoretické i experimentální zjištění. Byl vytvořen databázový systém pro klasifikaci existujících železničních tratí v ČR.

Vliv tuhosti styčnicku na chování prostorových prutových konstrukcí

Ing. Ondřej Lojík

Dizertace se věnuje problematice reálné tuhosti styčnicku prostorové ocelové konstrukce. Pro hodnocení tuhosti styčnicků je vyvinuta nová původní metodika respektující nelineární geometrické i materiálové chování všech částí styčnicku. Je použit software ANSYS, ale metoda se dá použít i s jiným softwarem.

Komplexní biomechanické aspekty návrhu kompozitních kyčelních náhrad

Ing. Josef Hruška

Práce se zabývá mechanickými procesy na rozhraní kosti a implantátu. Napjatost se zjišťuje metodou konečných prvků a výsledky se využijí pro návrh a optimalizaci tvaru kompozitní náhrady kyčelního kloubu.

Ekvivalentní rozkmit napětí železničních mostů

Ing. Lenka Žemličková

Cílem dizertace bylo výstižně stanovit ekvivalentní rozkmit napětí odpovídající aktualizovaným spektrům provozního zatížení na mostech Českých drah. Výsledky jsou užitečné pro kontrolu únavové únosnosti rozhodujících částí českých železničních mostů.

STAVEBNÍ OBZOR

RO NÍK 14 ÍSLO 06/2005

Navigace v dokumentu

OBSAH

Jasa , P Monolitická stropní konstrukce s rovným podhledem vyleh ená ve spodní ásti svého objemu	161
Ji i ková, M. – Stoklasová, D. – erný, R. Vazebné izotermy solí ve stavebních materiálech	164
Pavlík, Z. – Fiala, L. – erný, R. – Sobczuk, H. – Suchorab, Z. Sledování pr b hu nasákavosti porézních stavebních materiál metodou TDR	167
Králík, M. Bo ní p elivy a bezpe nost p ehrad	172
Pícek, T. – Havlík, A. Výpo et vzdu tí hladiny p i tlakovém proud ní mostním otvorem	174
Ficker, T. – N mec, P. Fraktální geometrie I – Fraktalita koloidních agregát a pórovitých látek	178
Malinovský, M. Délka v t v eštín a angli tin (s p íhlédnutím k jiným jazyk m)	183
Pavlík, Z. – Ji i ková, M. – erný, R. Stanovení tepeln vlhkostní funkce obvodové konstrukce na bázi vysokohodnotného betonu	187

6 • 2005

ročník 14

STAVEBNÍ OBZOR

pozemní stavby
dopravní stavby
vodohospodářské stavby
geotechnika
konstrukce a materiály
technologie
životní prostředí
geodézie a kartografie
mechanizace
informatika
ekonomika
software



Fakulta stavební
ČVUT v Praze



Česká komora autorizovaných
inženýrů a techniků



Český svaz
stavebních inženýrů



Fakulta stavební
VUT v Brně



Fakulta stavební
VŠB TU-Ostrava

OBSAH

Jasaň, P

Monolitická stropní konstrukce s rovným podhledem vylehčená ve spodní části svého objemu 161

Jiříčková, M. – Stoklasová, D. – Černý, R.

Vazebné izotermy solí ve stavebních materiálech .. 164

Pavlík, Z. – Fiala, L. – Černý, R. – Sobczuk, H. – Suchorab, Z.

Sledování průběhu nasákavosti porézních stavebních materiálů metodou TDR 167

Králík, M.

Boční přelivy a bezpečnost přehrad 172

Pícek, T. – Havlík, A.

Výpočet vzduť hladiny při tlakovém proudění mostním otvorem 174

Ficker, T. – Němec, P.

Fraktální geometrie I – Fraktalita koloidních agregátů a pórovitých látek 178

Malinovský, M.

Délka vět v češtině a angličtině (s přihlédnutím k jiným jazykům) 183

Pavlík, Z. – Jiříčková, M. – Černý, R.

Stanovení tepelně vlhkostní funkce obvodové konstrukce na bázi vysokohodnotného betonu 187

CONTENTS

Jasaň, P

Monolithic Floor Structure with a Flat Ceiling Lightened in the Lower Part of its Volume 161

Jiříčková, M. – Stoklasová, D. – Černý, R.

Salt Binding Isotherms of Porous Building Materials 164

Pavlík, Z. – Fiala, L. – Černý, R. – Sobczuk, H. – Suchorab, Z.

Monitoring of Water Suction Experiment Using TDR Method 167

Králík, M.

Side Channel Spillways and Safety of Dams 172

Pícek, T. – Havlík, A.

Calculation of Waterlevel Upwell in Pressure Flow through a Bridge Opening 174

Ficker, T. – Němec, P.

Fractality of Colloid Aggregates and Porous Materials 178

Malinovský, M.

Length of Sentences in Czech and English (and in other Languages) 183

Pavlík, Z. – Jiříčková, M. – Černý, R.

Assessment of Hygrothermal Performance of a Building Envelope on the Basis of High Performance Concrete 187

INHALT

Jasaň, P

Monolitische Deckenkonstruktion mit ebener Untersicht im unteren Teil ihres Volumens gewichtsgemindert 161

Jiříčková, M. – Stoklasová, D. – Černý, R.

Bindungsisothermen von Salzen in Baumaterialien 164

Pavlík, Z. – Fiala, L. – Černý, R. – Sobczuk, H. – Suchorab, Z.

Beobachtung des Verlaufs der Wasseraufnahme poröser Baumaterialien mit dem Verfahren TDR 167

Králík, M.

Seitliche Überläufe und Sicherheit von Talsperren 172

Pícek, T. – Havlík, A.

Berechnung der Pegelaufstauung bei einer Druckströmung durch eine Brückenöffnung 174

Ficker, T. – Němec, P.

Fraktalität kolloider Aggregate und poröser Stoffe 178

Malinovský, M.

Die Länge von Sätzen im Tschechischen und Englischen (mit Hinblick auf andere Sprachen) 183

Pavlík, Z. – Jiříčková, M. – Černý, R.

Bestimmung der wärme- und feuchtigkeitstechnischen Funktion einer Außenwandkonstruktion auf Basis hochwertiger Betons 187

REDAKČNÍ RADA**Předseda:**

prof. Ing. Jiří STUDNIČKA, DrSc.

Místopředseda:

doc. Ing. Alois MATERNA, CSc.

Členové:

Ing. Miroslav BAJER, CSc.

doc. Ing. Pavel HÁNEK, CSc.

Ing. Jiří HIRŠ, CSc.

doc. Ing. Vladimír JELÍNEK, CSc.

Ing. Jana KORYTÁROVÁ, PhD.

Ing. Karel KUBEČKA

Ing. Petr KUNEŠ, CSc.

doc. Ing. Ladislav LAMBOJ, CSc.

doc. Ing. Ivan MOUDRÝ, CSc.

doc. Ing. Jaroslav NOVÁK, CSc.

doc. Ing. Luděk NOVÁK, CSc.

doc. Ing. Miloslav PAVLÍK, CSc.

prof. Ing. J. PROCHÁZKA, CSc.

Ing. Vlastimil ROJÍK

Ing. Karel SVOBODA

doc. Dr. Ing. Miloslav ŠLEZINGR

Ing. Ludvík VÉBR, CSc.

doc. Ing. Josef VITÁSEK, CSc.

prof. Ing. Jiří WITZANY, DrSc.

Ing. Renata ZDAŘILOVÁ

STAVEBNÍ OBZOR, odborný měsíčník, vydává Fakulta stavební ČVUT Praha společně s Fakultou stavební VUT Brno, Fakultou stavební VŠB TU Ostrava, Českou komorou autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě a Českým svazem stavebních inženýrů. Řídí redakční rada, vedoucí redaktorka Marcela Klímová. Adresa redakce: Thákurova 7, 166 29 Praha 6, tel./fax: 224 354 596, klimova@fsv.cvut.cz, http://web.fsv.cvut.cz/obzor. Vychází každý měsíc kromě července a srpna, cena za výtisk je 40 Kč včetně DPH (+ poštovné a balné). Objednávky odběru i reklamace přijímá Ing. Milan Gattringer, MG DTP, Borovanská 3388, 143 00 Praha 4, tel./fax: 241 770 220, e-mail: mgdtp@volny.cz. Odběr je možné zrušit až po vyčerpání zaplaceného předplatného. Inzerce adresujte redakci. Technická redakce a realizace: Ing. Milan Gattringer. Podávání novinových zásilek povoleno Ředitelstvím pošt Praha, č. j. NP 144/1994, ze dne 21. 10. 1994. Do sazby 13. 5. 2005. Nevyžádané rukopisy se nevracejí.

INDEX 47 755, ISSN 1210-4027

Monolitická stropní konstrukce s rovným podhledem vylehčená ve spodní části svého objemu

Ing. Petr JASÁŇ
Bestr
Brno

Článek se zabývá možností zhotovení stropní konstrukce odlehčené polystyrénovými hranoly tak, že je současně vytvářen rovný podhled. Jde o typickou žebírkovou železobetonovou stropní konstrukci s tím, že odlehčovací hranoly jsou upevněny proti posunutí i vyplavání při betonáži.

Úvod

Všeobecně se při navrhování a výrobě stropních konstrukcí potýkáme se skutečností, že při zvětšování vzdálenosti mezi podpěrami začíná vlastní hmotnost nosné konstrukce převyšovat velikost zatížení, které má přenášet. Až po tuto pomyslnou hranici se bez výjimky využívají u monolitických železobetonových vodorovných (stropních) konstrukcí desky s plným průřezem. Při dalším zvětšování vzdálenosti mezi podporami však poměrně rychle narůstá nutná tloušťka vodorovné konstrukce a s ní i její vlastní hmotnost. Zatímco například vzdálenost podpor se zvětší jen o 20 až 25 %, vlastní hmotnost nosné konstrukce naroste až o 50 %.

Problém s vlastní hmotností bývá umocněn dotvarováním železobetonových konstrukcí. Přesto architekti společně s projektanty navrhují stále odvážnější konstrukce s uvolněnou dispozicí tak, aby vyhověli stále se zvyšujícím požadavkům investorů a uživatelů. Bohužel, téměř všechny jejich odvážné myšlenky nakonec vedou k neklidnému spánku statiků a při volbě železobetonu jako materiálu pro nosné konstrukce také ke stropním konstrukcím tlustým více než 200 mm. Proto projektanti hledali a hledají způsoby, jak tyto konstrukce, při zachování základních funkcí, odlehčit. Jednou z možností je různé uspořádání nosných žebírek v kombinaci s prázdnými prostory nebo materiály s výrazně menší objemovou hmotností, než má beton, v jednom nebo ve dvou na sebe kolmých směrech. Další možností je využití komponentů betonu lehčích než přírodní kamenivo.

Monolitické železobetonové stropní konstrukce se při výrobě zpravidla odlehčují:

- klasickým dřevěným bedněním mezi nosnými žebry;
- plastovými prvky mezi nosnými žebry, které se po odbednění celé stropní konstrukce podobně jako dřevěné bednění vyjmou a jsou připraveny pro další použití (nebo zůstanou její součástí);
- plastovými prvky uprostřed tloušťky stropní konstrukce, které zůstanou její součástí;
- náhradou částí přírodního kameniva různými, např. keramickými, materiály.

První dva způsoby vytvářejí stropní konstrukci s nerovnou spodní plochou, způsobem třetím i čtvrtým se získá spodní plocha rovná.

Materiály s velmi malou objemovou hmotností nejsou pro odlehčení vhodné, protože hrozí jejich vyplavání při betonáži. Ve formě bloků však slouží např. k odlehčení u filigránové technologie. To je však technologie napůl montovaná, napůl monolitická, má své výhody, ale i nevýhody, v porovnání s technologií čistě monolitickou.

Stropní konstrukce odlehčená pěnovým polystyrénem

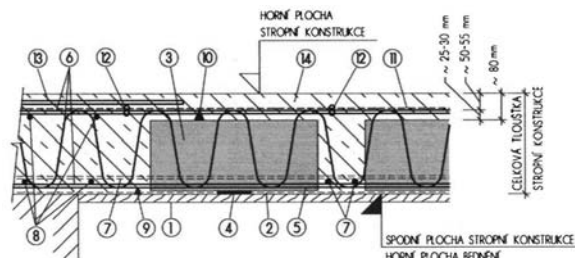
Pro případy, kdy vzdálenost nosných podpor stropní konstrukce již vede k tloušťce stropních konstrukcí větší než 240 mm, autor článku vyvinul a vyzkoušel technologii výroby stropních konstrukcí, kdy odlehčující prvky z materiálu s velmi malou objemovou hmotností jsou součástí objemu stropní desky. Výsledkem je stropní konstrukce s velmi malou vlastní hmotností a s rovnou spodní plochou. Při výpočtovém řešení přitom úzce spolupracoval s Ing. Stanislavem Pešou. V současné době společně s tvůrci programu ESA PT řeší možnosti programové podpory tohoto technologického řešení, kterou k datu 26. 4. 2005 neprodukoval ani program NEXIS, ani ESA PT.

Podstata řešení spočívá v tom, že na zabeďenou plochu se rozprostře síťovina, na kterou se lepicí hmotou připevní vylehčovací prvky. Mezi ně se uloží výztuž, a následně provede betonáž celé konstrukce, při které se prostor mezi vylehčovacími prvky a tenká vrstva nad horním povrchem vylehčovacích prvků (asi 8 cm) vyplní betonovou směsí. Po zatvrdnutí betonu a odstranění bednění vznikne stropní konstrukce s rovným spodním povrchem připraveným pro nanášení tenkovrstvých omítek. Takto zhotovená konstrukce je dostatečně tuhá a únosná i při velké vzdálenosti nosných svislých podpěr.

Vylehčovací prvky mohou být z různých materiálů a mohou mít různý tvar, avšak mezi nimi musí zůstat dostatek prostoru pro uložení výztuže, která je nutná pro zajištění celkové nosnosti stropní konstrukce. Jejich uspořádání může být různé, výhodné však je, aby vytvářelo vzájemně kolmou síť nosných žebírek, což usnadní nejen statický výpočet, výrobu, dopravu i skladování vylehčovacích prvků, ale i pokládku nosné i další výztuže nutné pro správnou a spolehlivou funkci takto provedené stropní konstrukce.

Při analýze deformací je pak snadné zjistit, že celková deformace se příliš neliší od deformací plně stropní konstrukce, avšak složka dotvarování již není dominantní. To vše při vlastní hmotnosti až pod hranici 3,5 kN/m² (je-li jako materiál pro odlehčení použit pěnový polystyrén).

Odlehčovací prvky konstrukcí, které jsme zkoušeli, jsou ze stabilizovaného pěnového polystyrénu, jenž je levný, dostupný a ve stavebnictví již osvědčený. Jejich tvar by měl být takový, aby se daly snadno vyrobit i univerzálně použít. Jako nejvhodnější se jeví tvar hranolu. V našem případě to byly pravoúhlé kostky $1\,000 \times 500 \times 200$ až 220 mm, které umožnily výhodné rozložení nosné výztuže. K armování jsme použili kombinaci průmyslově vyráběné prostorové výztuže, rovných tyčí a sítě KARI a pro spodní povrch síťovinu běžně používanou k zateplení fasád. Odlehčovací hranoly byly nalepeny stavebními lepidly určenými právě pro přilepení této síťoviny na polystyrén.



Obr. 1. Příčný řez s vyznačeným uspořádáním

Na obrázcích 1, 2, 3 je naznačeno uspořádání jednotlivých konstrukčních součástí odlehčené stropní desky a postup jejího zhotovení, který lze zjednodušeně popsat takto:

– po dokončení bednicích prací je třeba řádně ošetřit bednění 1 (jeho kontaktní plochu) vhodným separátorem. Teprve potom lze pokračovat v práci;

– na připravené bednění se rozprostře síťovina 2;

– lepicí hmotou 4 se nalepí vylehčovací tělesa 3;

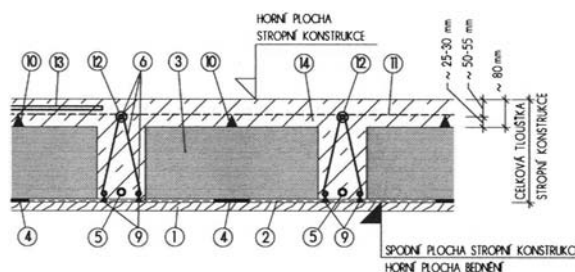
– do žebírek vytvořených vylehčovacími tělesy se vloží prvky hlavní nosné výztuže 5, prostorové vyztužovací prvky 6, rozdělovací výztuž 7 a konstrukční výztuž 8. Výztuž 5 a 6 je podložena distančními prvky 9;

– vše je překryto sítí KARI 11, která je podložena na každém vylehčovacím prvku distanční podložkou 10 a připevněna k hornímu prutu prostorové výztuže, nejlépe svazy 12;

– nad podporami se doplní horní nosná výztuž 13 a připevní k síti KARI;

– k betonáži musí být použit beton 14 takové konzistence, aby bylo zajištěno spolehlivé obalení všech prvků výztuže 5, 6, 7, 8, 11 i 13 a bylo možné srovnat tenkou vrstvu betonu nad vylehčovacími prvky. Je vhodné uvažovat beton třídy C25/30 s konzistencí S3 až S4 nebo vyšších tříd;

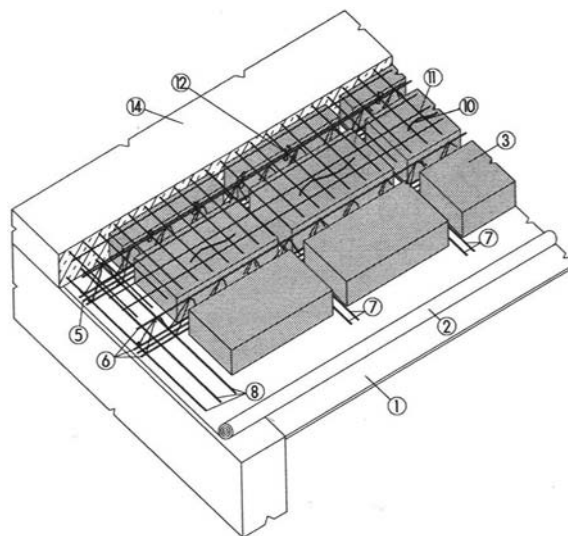
– betonáž takto připravené stropní konstrukce se provede v jednom technologickém taktu. Je výhodné s mírným předstihem betonem vyplňovat žebírka asi do dvou třetin jejich výšky při současném ztuhnutí vibrační jehlou, a teprve potom plnit do požadované tloušťky nad horní plochou odlehčovacích hranolů, ztuhnit vibrační jehlou nebo lištou a srovnat horní povrch. Při ošetřování tuhnutí a tvrdnutí betonu nelze zapomenout na fyzikálně mechanické, popř. chemické vlastnosti materiálů, ze kterých jsou zhotoveny odlehčovací hranoly.



Obr. 2. Podélný řez s vyznačeným uspořádáním

Legenda k obr. 1, 2, 3

1 – bednění ošetřené separačním postřikem nebo nátěrem, 2 – nosná síťovina, 3 – odlehčovací hranoly/polystyrén, 4 – fasádní lepidlo, 5 – hlavní nosná výztuž, 6 – průmyslová prostorová výztuž: diagonální pruty tvoří smykovou výztuž, horní prut plní konstrukční funkci, spodní dva pruty jsou uvažovány jako nosná výztuž v jednom směru, 7 – rozdělovací výztuž/výztuž ve druhém směru, 8 – další konstrukční výztuž, 9 – distanční prvky spodní výztuže, 10 – distanční prvky horní výztuže, 11 – horní nosná síť KARI nebo jiná o $\varnothing 5-6$ mm, 12 – přípevnění horní ocelové sítě k prostorové výztuži, 13 – další horní nosná výztuž, 14 – beton



Obr. 3. Uspořádání konstrukčních součástí odlehčené stropní desky a postup při zhotovení

Závěr

V článku, který jste právě dočetli, představil autor odborné stavební veřejnosti vylehčenou stropní konstrukci s rovným podhledem, její konstrukční uspořádání vhodné pro hromadné použití, a hlavně možný způsob výroby. Je zde prezentován vyzkoušený způsob odlehčení a velice jednoduchý způsob vyztužení, jímž lze provést zastropení i poměrně velkých prostor při velmi malé vlastní hmotnosti konstrukce. Dokonce má představu, že využitím uvedeného způsobu bude možné současné pomyslné hranice pro použití monolitického betonu ještě trochu posunout. Při ekonomických úvahách lze kvalifikovaně odhadnout výrobní náklady lehce pod úroveň nákladů na zhotovení stropní desky s plným průřezem se srovnatelnými parametry únosnosti. Této nové technologii vylehčování stropních konstrukcí byl dán pracovní název „bestr“. V době uzávěrky tohoto čísla provádí autor provozní zkoušky použití technologie odlehčení „bestr“ v kombinaci s lehčeným betonem (Liapor). Výsledkem bude prostě uložená stropní deska na rozpon $6,5 \times 7,5$ m s vlastní hmotností pouze 2 kN/m^2 .

Jasaň, P.: Monolithic Floor Structure with a Flat Ceiling Lightened in the Lower Part of its Volume

This article is aimed to examine potential production of a floor structure lightened with polystyrene prisms so that a flat ceiling is made at the same time. It is a typical rib reinforced concrete floor structure. Its lightweight prisms are fixed to prevent shifting or washing up during concreting.

Jasaň, P.: Monolitische Deckenkonstruktion mit ebener Untersicht im unteren Teil ihres Volumens gewichtsgemindert

Der Artikel befasst sich mit der Möglichkeit der Herstellung einer mit Schaumpolystyrolbalken so gewichtsgeminderten Konstruktion dass, gleichzeitig eine ebene Untersicht entsteht. Es handelt sich um eine typische Stahlbetonrippenkonstruktion mit dem Merkmal, dass die Entlastungsbalken gegen Verschiebung und Aufschwimmen beim Betonieren befestigt sind.

• zprávy

Office Park Nové Butovice

Nové Butovice v Městské části Praha 13 jsou považovány za lokalitu s velmi silným rozvojovým potenciálem, a to nejen díky své poloze na okraji Prahy, umožňující ve srovnání s centrálními městskými částmi rozsáhlejší rozvoj nové výstavby i rychlejší rekultivaci prostředí. Již v prvních studiích Jihozápadního Města se počítalo s vybudováním rozsáhlého centra na jeho východním okraji. Předurčenost tohoto území ke vzniku prosperujícího komerčního komplexu byla dána ideální kombinací stanice metra a návazností na dálnici a městský okruh. Oblast je navíc obsluhována mnoha autobusovými linkami městské hromadné dopravy.

Tvůrcem architektonického řešení je Studio acht. Jeho architekti kladli při zpracování projektu velký důraz na design budov, které se zřetelně odlišují od okolní zástavby. Pro venkovní plášť je použita převážně kombinace cihel a skla, což zajišťuje pracovní prostředí s výborným přirozeným osvětlením. Velmi kvalitní lisovaná holandská cihla, která je svou stavbou i barvou poprvé použita v takovém rozsahu, je základním originálním prvkem celého projektu. V nebytovém rozsahu jsou použity také hliníkové panely, opět kombinované s cihlou. Jde o sendvičové panely, vyvinuté původně pro letecký průmysl. V případě Office Parku Nové Butovice se ukázaly jako vysoce účelné, protože zhruba ve třiceti metrech výšky dochází k tak vysokému sání větrů, že jejich instalace byla nutností.

Architektonicky jsou všechny objekty pojaty tak, aby vytvářely vizuálně jednotný celek. Dominantou je věžová stavba budovy D. Okolní krajina je velmi významná pro koncepci celku; mírně zvlněná silueta zeleného obzoru se do projektu včleňuje jako přirozená součást a výrazné pozadí do jeho architektonické kompozice. Office Park nabízí nádherné průhledy mezi domy do volné krajiny. Při výstupu z metra se střetávají dva horizonty: jak bezprostředně blízký, ještě podnícený přírodním osvětlením, tak i horizont vzdálený 30 km. Tato kulisa podle architektů v projektu velmi silně funguje. V neposlední řadě je u exteriéru projektu třeba zmínit výraznou parkovou úpravu, zpřijemňující

Office Park
NOVÉ BUTOVICE

pracovní prostředí. „Třešničkou na dortu“ je pak blízké Prokopské údolí s neporušenou přírodou.

Při tvorbě koncepce exteriéru Office Parku kladli architekti důraz na tranzitní plochu jako místo pro setkávání lidí. Díky tomu se v bezprostředním okolí budov mohou setkávat lidé, kteří v budovách pracují, s rezidenty, kteří tudy jenom procházejí na metro. Celý komplex – přestože není oplocen – je velmi dobře strážitelný díky nepřetržitě bezpečnostní službě. Projekt se stal v roce 2001 vítězem kategorie nových administrativních center prestižní soutěže „Nejlepší z realit“ a též držitelem ocenění časopisu Construction Journal v kategorii „Nejlepší kancelářský projekt“. V letošním roce se nově postavená budova B bude ucházet o titul „Nejlepší z realit 2005“ v kategorii kancelářských budov.

Po dokončení celého administrativního komplexu plánuje jeho investor a developer v této lokalitě mezi ulicemi Bucharova, Petřílkova, Seydlerova a Na zlaté výstavbu dalšího s názvem Office Plaza s maloobchodní částí Metronom.

Investorem Office Parku Nové Butovice i plánovaných projektů Office Plaza a Metronom je evropský realitní fond společnosti Doughty Hanson & Co. Nezávislý soukromý kapitálový fond, jenž patří k největším svého druhu v Evropě, nabízí možnost libovolné výše základního kapitálu a jeho

reinvestici; tím je schopen pokrýt i největší transakce, aniž by bylo nutné vytvářet konsorcia. Specializuje se na výběr kvalitních projektů nejvýznamnějších společností evropského i severoamerického trhu a na investice do nejlepších projektů na silných evropských trzích, kde disponuje rozsáhlým zastoupením. Svě prostředky vkládá do růstu technologického potenciálu a pomáhá talentovaným podnikatelům při rozjezdu jejich činnosti. Pobočky Doughty Hanson & Co v Evropě a USA spravují pro nejvýznamnější světové investory portfolio v hodnotě více než 4 mld. dolarů. Developerem projektu Office Park Nové Butovice je její dceřiná společnost Central Resource.

Tisková informace



Vazebné izotermy solí ve stavebních materiálech

Ing. Milena JIŘIČKOVÁ, PhD.
Ing. Dita STOKLASOVÁ
prof. Ing. Robert ČERNÝ, DrSc.
ČVUT – Fakulta stavební
Praha

Vazebné izotermy solí patří mezi základní parametry pro modelování transportu solí ve stavebních materiálech. V článku jsou uvedeny naměřené vazebné izotermy chloridů a dusičnanů pro cihlu, kalcium silikát, pískovec a cementovou pastu, jež budou sloužit jako vstupní data do matematických modelů přenosu vlhkosti a solí.

Úvod

Soli přítomné v pórovém prostoru materiálu tvoří dvě základní fáze, a to volnou a vázanou, jež je důležité charakterizovat pro modelování transportu solí v porézních materiálech. Vazebnými izotermami iontů různých solí je vyjadřován rovnovážný stav mezi ionty vázanými fyzikální či chemickou sorpcí na stěnách pórů a volnými ionty v roztoku. Základní vztahy pro vyjádření vazebných izoterm navrhl Freundlich [1] a Langmuir, přičemž kombinací těchto vztahů je možné získat základní vztah pro akumulaci iontů ve stavebních materiálech při izotermních podmínkách [2]. Stanovení vazebných izoterm chloridů je v současné době věnována zvýšená pozornost především u materiálů s cementovou maticí, neboť kombinace pronikání chloridových iontů a karbonatace betonu urychluje korozní proces výztuže. Také ionty dusičnanů urychlují chemickou degradaci betonu, jak zjistil např. Schneider [3]. Přítomnost solí však představuje potenciální nebezpečí i pro mnoho dalších stavebních materiálů, zejména jejich krystalizací z roztoku a rekrystalizací z pevné fáze. Velkým nebezpečím je také možnost chemické reakce se stavebním materiálem.

Zdrojů solí je ve stavebních konstrukcích celá řada, např. velmi často do nich pronikají ionty solí z pospových materiálů pro zimní údržbu komunikací. Tyto ionty následně difundují do půdy nebo přímo do zdíva, kde poškozují omítky, izolační materiály a v neposlední řadě samotnou nosnou konstrukci.

Materiály

Vazebné izotermy chloridů a dusičnanů byly stanoveny pro čtyři typy porézních materiálů, jmenovitě pro cihlu, izolační materiál firmy Calsitherm na bázi kalcium silikátu, pískovec a cementovou pastu:

- vzorky běžné pálené cihly byly získány jejím rozřezáním. Materiálové parametry jsou ovlivněny typem výrobního procesu, kvalitou a složením vstupních surovin. Většinou je cihla heterogenní materiál s rozdílnou porézni strukturou tvořenou mikropóry až makropóry;

- desky izolačního materiálu firmy Calsitherm na bázi kalcium silikátu, běžně používané jako vnitřní tepelná izolace, se vyrábějí chemickou reakcí oxidu vápenatého, oxidu křemičitého a vody v autoklávu, kdy při velkém tlaku vzniká velmi jemná porézni struktura. Výsledné složení

zcela homogenního materiálu: hydrát kalcium silikátu 75–90 %, minerální plnivo 0–20 %, celulóza 3–6 %;

- pískovec obsahuje 90 % zrn oxidu křemičitého stmelých jílovými minerály s příměsí. Jde o homogenní makroporézní kapilárně aktivní materiál;

- vzorky cementové pasty byly připraveny z portlandského cementu CEM I 52,5R (Čížkovice) a CEM I 42,5 R (Hranice na Moravě) a destilované vody. Záměs s vodním součinitelem 0,4 byla odlita do forem standardních hranolů (40 × 40 × 160 mm). Po 28 dnech vytvrzování byly z hranolů nařezány vzorky.

Pro měření vazebných izoterm chloridů a dusičnanů byly nařezány vzorky o rozměrech 40 × 40 × 10 mm. Základní fyzikální charakteristiky jednotlivých materiálů jsou uvedeny v tab. 1.

Tab. 1. Základní fyzikální charakteristiky materiálů

Materiál	Objemová hmotnost	Nasákavost
	[kg/m ³]	
cihla	1 780	320
izolační materiál na bázi kalcium silikátu	230	920
pískovec	1 810	310
cementová pasta CEM I 42,5R w/c = 0,4	1 990	260
cementová pasta CEM I 52,5R w/c = 0,4	1 990	250

Metody

Nejčastější metodou pro určení vazebné kapacity iontů, a také vazebné izotermy iontů, je stanovení obsahu volných iontů analýzou roztoku vytlačeného z pórů daného materiálu působením vysokého tlaku [4]. Celkový obsah iontů se určuje extrakcí pomocí kyseliny [5].

Tang a Nilsson [6] navrhli postup určení adsorpční izotermy chloridů založený na adsorpci chloridů z roztoku. Rozdrcený vzorek cementové malty nebo cementové pasty, vysušený při 11% relativní vlhkosti, je umístěn do baňky s vakuem. Z přírůstku hmotnosti baňky a hustoty roztoku se stanoví objem roztoku NaCl o dané koncentraci uvnitř baňky. Baňka se uzavře a uloží při teplotě 20 °C do ustanovení rovnováhy. Adsorpční rovnováhy je většinou dosaženo po 7 dnech u vzorků o hmotnosti 25 g. Vnitřní roztok se poté pipetou odebere a obsah chloridů stanoví potenciometrickou titrací za použití 0,01 N AgNO₃ a chloridově selektivní elektrodou. Obsah vázaných chloridů c_b [mg/g] je definován vztahem

$$c_b = \frac{V(c_0 - c_1)}{w},$$

kde V je objem roztoku [l], c_0 , c_1 počáteční a rovnovážná

koncentrace roztoku chloridů [mg/l] a w hmotnost vzorku vysušeného při 105 °C [g]. Obsah volných chloridů c_f [mg/l], odpovídá hodnotě c_1 . Měřením roztoků s různou počáteční koncentrací solí c_0 se získají body funkce $c_b = c_b(c_f)$, tzv. vazebná izoterma iontů.

Hlavním nedostatkem Tangovy a Nilssonovy metody je postup měření, který je určen pro rozdrcené vzorky cementové pasty. Tato metoda je jakousi idealizací, neboť předpokládá, že se chloridové ionty mohou dostat do přímého kontaktu s každým zrnem hydratovaného cementu. U konkrétního materiálu, např. cementové pasty, je vnitřní povrch pórů pojiva, které je dostupné pro chloridy, menší než celkový povrch rozdrcených vzorků. Vazebná kapacita chloridů může být ovlivněna i mnoha dalšími faktory, jako je změna porézní struktury a distribuce pórů při použití odlišného kameniva, přítomnost různých přísad atd. Proto výsledky získané touto metodou mohou být považovány za jistý horní limit skutečné vazebné kapacity chloridů.

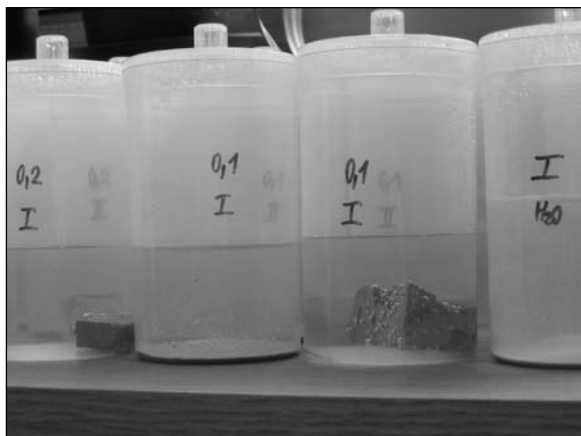
Vzhledem k uvedeným nedostatkům byla metoda Tanga a Nilssona aplikována na celistvé vzorky o definovaném rozměru a modifikována s ohledem na použitou analýzu obsahu solí v roztocích.

Výsledky a diskuze

Ze standardního roztoku 1M-NaCl a 1M-KNO₃ byly ředěním získány další roztoky o koncentraci 0,005 až 0,8 M. Koncentrace chloridů i dusičnanů se určovala pomocí iontově selektivní elektrody přístrojem pH/ION 340i (obr. 1). Vzorky, umístěné do řádně uzavřených váženek s 200 ml roztoku soli dané koncentrace, byly skladovány při teplotě 22±2 °C (obr. 2). Vnitřní roztok se průběžně analyzoval,



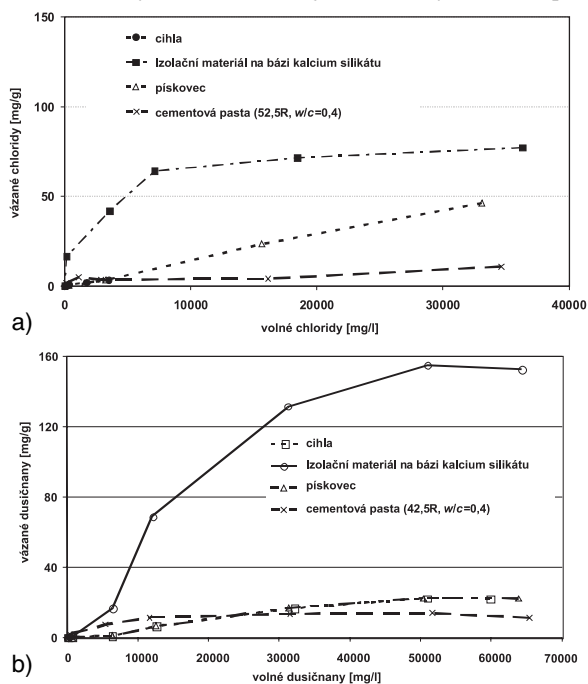
Obr. 1. Přístroj pH/ION 340i s iontově selektivní elektrodou



Obr. 2. Ukázka měřených vzorků

dokud nebylo dosaženo rovnováhy. Po čtyřech měsících byl experiment ukončen a ze získaných dat sestrojena vazebná izoterma chloridů a dusičnanů pro daný materiál. Obsah solí rozpuštěných v destilované vodě byl 0,6 mg/l v případě chloridů a 0,4 mg/l pro dusičnany. Obsah chloridů i dusičnanů v měřených materiálech byl získán vyluhováním drti vzorku ve vroucí destilované vodě, propad sítím s oky Ø 0,05 mm. Počáteční obsah chloridů, stanovený pomocí iontově selektivní elektrody, byl u cihly 2 mg/l, u izolačního materiálu firmy Calsitherm na bázi kalcium silikátu 4,5 mg/l, u pískovce 1,5 mg/l a u cementové pasty 4,5 mg/l. Počáteční obsah dusičnanů, stanovený stejným způsobem, byl u cihly 2 mg/l, u izolačního materiálu firmy Calsitherm na bázi kalcium silikátu 4,5 mg/l, u pískovce 1,5 mg/l, u cementové pasty 4,5 mg/l.

Výsledky měření jsou shrnuty v obr. 3. Je patrné, že nejnižší vazebnou kapacitu chloridů (obr. 3a) vykazuje cihla, což je v souladu s její nízkou hygroskopičností. Cementová pasta má vazebnou kapacitu poněkud větší, protože struktury C-S-H obsahují více volných vazeb pro



Obr. 3. Vazebné izotermy pro cihlu, kalcium silikát, pískovec a cementovou pastu
a – chloridů, b – dusičnanů

možné navázání chloridových iontů. Pískovec váže tyto ionty důkladněji než oba předchozí materiály. Nejpravděpodobnějším důvodem je jeho poměrně vysoký obsah jílu (cca 10 %). Nejvyšší vazebnou kapacitu v porovnání s ostatními materiály vykazuje izolační materiál firmy Calsitherm na bázi kalcium silikátu. Důvodem je jeho velký měrný povrch v kombinaci s nízkou objemovou hmotností (obsah vázaných chloridů se určuje na jednotku hmotnosti suchého materiálu).

Výsledky pro sorpci dusičnanových iontů jsou poněkud odlišné od výsledků pro sorpci iontů chloridových. Pískovec a cihla mají téměř shodnou vazebnou kapacitu. Pro cementovou pastu byla naměřena vazebná kapacita v oblasti nízkých koncentrací vyšší a v oblasti vyšších koncentrací nižší než pro pískovec a cihlu. Několikanásobně vyšší sorpční kapacity dusičnanových iontů než u ostatních studovaných materiálů bylo dosaženo u izolačního materiálu firmy Calsitherm na bázi kalcium silikátu.

Při analýze možných chyb měření vazebných izoterem je třeba vzít v úvahu, že ustavení rovnováhy malých vzorků (40 × 40 × 10 mm) je dlouhodobý problém a měření trvá obvykle několik měsíců. Proto je nezbytné postup měření optimalizovat. V průběhu experimentu se také kontroluje, zda se neodpařuje roztok soli, což by mohlo zkreslit výsledky. Pro urychlení transportu iontů v loužicím roztoku k povrchu vzorku se váženky protřepávají. Předpokládáme-li, že optimalizováním postupu měření budou výše uvedené chyby zanedbatelné, bude pro přesnost rozhodující chyba měření koncentrace solí. Na základě kalibračních měření je možné uvažovat chybu měření koncentrace iontově selektivními elektrodami v případě chloridové i dusičnanové elektrody přibližně 10 %, přičemž ovšem může značně vzrůst, pokud loužicí roztok obsahuje nežádoucí příměsi iontů.

Závěr

V článku je popsán postup stanovení vazebných izoterem chloridů a dusičnanů čtyř různých typů stavebních materiálů. Bylo zjištěno, že vazebná kapacita chloridů a dusičnanů může být ovlivněna mnoha faktory, zejména objemovou hmotností materiálu, strukturou a distribucí pórů, přítomností různých příměsí atd. Určování obsahu vázaných

iontů ve vztahu k hmotnosti suchého vzorku či v případě cementových kompozitů ve vztahu k hmotnosti cementu, které je běžné v současné výzkumné praxi, může být tedy v některých případech zavádějící. Jako vhodnější a lépe vypovídající o vazebné kapacitě materiálu se jeví přepočítávání získaných dat na vnitřní povrch pórů

Článek vznikl za podpory projektu č. 106/04/P255 GA ČR.

Literatura

- [1] Freundlich, C. G. L.: Colloid and Capillary Chemistry. London, Methuen 1926.
- [2] Bear, J. – Bachmat, Y.: Introduction to Modelling of Transport Phenomena in Porous Media. Dordrecht, Kluwer 1990.
- [3] Schneider, U. – Chen, S.-W.: The Chemomechanical Effect and the Mechanochemical Effect on High-Performance Concrete Subjected to Stress Corrosion. Cement and Concrete Research, **28**, 1998, pp. 509–522.
- [4] Barneyback, R. S. – Diamond, S.: Expression and Analysis of Pore Fluids from Hardened Cement Pastes and Mortars. Cement and Concrete Research, **11**, 1981, pp. 279–285.
- [5] Dhir, R. K. – Jones, M. R. – Ahmed, H. E. H.: Determination of Total and Soluble Chlorides in Concrete. Cement and Concrete Research, **20**, 1990, pp. 579–590.
- [6] Tang, L. – Nilsson, L. O.: Chloride Binding Capacity and Binding Isotherms of OPC Pastes and Mortars. Cement and Concrete Research, **23**, 1993, pp. 247–253.

Jiříčková, M. – Stoklasová, D. – Černý, R.: Salt Binding Isotherms of Porous Building Materials

Salt binding isotherms belong to basic parameters in modelling salt transport in building materials. In this paper, chloride and nitrate binding isotherms are determined for ceramic brick, calcium silicate, sandstone and cement paste to be applied as input data in mathematical models of coupled moisture and salt transport.

Jiříčková, M. – Stoklasová, D. – Černý, R.: Bindungsisothermen von Salzen in Baumaterialien

Bindungsisothermen von Salzen gehören zu den grundlegenden Parametern für die Modellierung des Transports von Salzen in Baumaterialien. In diesem Artikel werden die gemessenen Bindungsisothermen von Chloriden und Nitraten für Ziegelmaterial, Kalziumsilikat, Sandstein und Zementpaste behandelt, die als Eingabedaten in mathematische Modelle der Übertragung von Feuchtigkeit in Salzen dienen werden.

Výzkumné centrum průmyslového dědictví při ČVUT v Praze
Kolegium pro technické památky ČKAIT a ČSSI
s podporou stavovských inženýrských organizací zemí Visegradské čtyřky
a s účastí Českého národního komitétu ICOMOS
Národního technického muzea
Národního památkového ústavu, Sekce ochrany průmyslového dědictví NTM
a sdružení MAMAPAPA

pořádají

3. mezinárodní bienále

INDUSTRIÁLNÍ STOPY 2005

19. – 24. září 2005

Praha–Bubeneč – stará kanalizační čistírna

Kladno – bývalá Vojtěšská huť

vyústění cyklu konferencí, výstav a kulturních akcí
o možnostech, smyslu i úskalí konverze industriálních objektů

<http://vcpcd.cvut.cz>

Sledování průběhu nasákavosti porézních stavebních materiálů metodou TDR

Ing. Zbyšek PAVLÍK, PhD.

Ing. Lukáš FIALA

prof. Ing. Robert ČERNÝ, DrSc.

ČVUT – Fakulta stavební, Praha

prof. Henryk SOBCZUK, DrSc.

Ing. MSc. Zbigniew SUCHORAB

Lublin University of Technology, Lublin

Metoda TDR (Time Domain Reflectometry) je v současné technické praxi v širší míře využívána pouze v půdních vědách, přestože má velmi dobré předpoklady pro aplikaci v dalších vědních odvětvích. V článku se zabýváme možností jejího uplatnění pro měření obsahu vlhkosti v porézních stavebních materiálech. Aplikace je demonstrována na měření profilů vlhkosti v pórobetonu. Na základě výsledků je využitím inverzní analýzy transportu vlhkosti stanoven součinitel vlhkostní vodivosti v závislosti na vlhkosti.

Úvod

Nejčastěji používané metody pro určení obsahu vlhkosti ve stavebních materiálech jsou založeny na měření elektrické vodivosti a elektrické kapacity při nízkých frekvencích [1]–[4]. Je možné je využít jak pro měření v laboratorních podmínkách, tak pro měření in-situ za reálných klimatických podmínek. Jejich přesnost je však omezená, zvláště při dlouhodobé aplikaci. Další možností, jak stanovit obsah vlhkosti podstatně přesněji, je použít měřicí zařízení pracující na principu absorpce neutronů [5], jaderné magnetické rezonance NMR [6], mikrovlnné absorpce [7], případně útlumu záření γ [8]. Tyto metody však mohou být využívány převážně v laboratorních podmínkách a pro stavební materiály se využívají zřídka. Nejsou též vhodné pro měření v terénu.

V článku chceme čtenáře seznámit s aplikací metody TDR pro měření obsahu vlhkosti v porézních stavebních materiálech. Za referenční testovací materiál byl použit pórobeton jako materiál, který je velmi populární díky svým tepelně izolačním vlastnostem v zemích mírného klimatu. Je nutné si připomenout, že tepelně izolační vlastnosti jsou v přímém vztahu k obsahu vlhkosti. Chceme-li tedy ověřit tepelně izolační funkci stavební konstrukce, musíme být schopni stanovit v ní obsah vlhkosti, k čemuž by měla přispět metoda TDR. Materiál byl zvolen s ohledem na poměrně snadnou aplikaci senzorů.

Metoda TDR

Porézní materiál můžeme zjednodušeně považovat za směs tří fází – pevné, plynné a kapalné. Pevná fáze porézní struktury materiálu je většinou stabilní, zatímco obsah vody a vzduchu se v čase mění. Všechny fáze jsou charakteristické vlastní relativní permitivitou, výsledná je pak ovlivněna procentním podílem každé fáze porézního materiálu z celkového objemu. V literatuře se uvádí, že relativní per-

mitivita vody je 80, vzduchu 1 a pro pevnou fázi se pohybuje v rozmezí 1 až 4 i více (tab. 1). Uvedené hodnoty je nutné považovat za informativní, neboť nezmiňujeme, při jaké teplotě byly stanoveny. Jednotlivé porézní materiály se liší strukturou a složením. Některé obsahují více pevné složky, jiné více pórů, což ovlivňuje hodnotu relativní permitivity celého vzorku.

Tab. 1. Relativní permitivita vybraných složek tvořících porézní strukturu materiálů [9]

Materiál	Relativní permitivita
vzduch	1
voda	80 při 20 °C
led	3 při -5 °C
čedič	12
žula	7–9
pískovec	9–11

Relativní permitivita suchého materiálu je ovlivněna jednak permitivitou pevné složky, jednak vzduchu. Z tohoto důvodu jsou její hodnoty nízké, v porovnání s hodnotami vodou plně nasycených materiálů, u kterých je dominantní složkou relativní permitivita vody.

V nenасыceném stavu je celková relativní permitivita závislá na podílu vody, vzduchu a pevné složky. Její hodnota může být vyjádřena pomocí vztahu

$$\varepsilon = \varepsilon_s^{\theta_s} \varepsilon_a^{\theta_a} \varepsilon_w^{\theta_w}, \quad (1)$$

kde ε je relativní permitivita třífázového materiálu, ε_s , ε_a , ε_w relativní permitivita pevné fáze, vzduchu a vody a θ_s , θ_a , θ_w objemové podíly jednotlivých fází.

Metodu TDR je možno obecně charakterizovat jako mikrovlnnou impulsní metodu stanovení obsahu vlhkosti [10]. Zařízení pracující na principu TDR [10] vysílá elektromagnetické pulsy a následně měří amplitudu odražených vln v intervalu mezi vysláním pulsu a detekcí jeho odrazu. Základním prvkem přístroje, používaného pro určení obsahu vlhkosti v porézních materiálech, je zařízení pro sledování časové odezvy elektromagnetického pulsu. Měřicí zařízení se obvykle skládá z pulsního generátoru, koaxiálního kabelu pro vedení elektromagnetického vlnění, vzorkovače a osciloskopu sloužícího pro registraci či vizualizaci průběhu reflexe klubka elektromagnetických vln. Pulsní generátor slouží ke generování pulsních elektromagnetických vln, které se šíří měřeným materiálem. Fourierova transformace elektromagnetického pulsu je tvořena sinusovými vlnami v širokém rozsahu frekvencí závislých na tvaru pulsu. Nejvyšší frekvence pulsu je závislá na rychlosti jeho náběhu, což znamená, že můžeme použít jak skokový, tak jehlový puls, pokud je jejich rychlost nárůstu porovnatelná.

Velmi důležitou součástí každého zařízení TDR jsou sondy, které slouží k přenosu signálu. Pro měření bylo vyvinuto mnoho typů konstrukcí sond lišících se tvarem, materiálem a počtem čidel. Přesto základní myšlenka je stejná. Sonda je zakončením koaxiálního kabelu se specifickým tvarem. Například Topp [11] použil koaxiální buňku jako přímé prodloužení koaxiálního kabelu. Nissen a Moldrup [10] navrhli tříprvkovou koaxiální sondu, kde bylo stínění koaxiálního kabelu nahrazeno dvěma kovovými čidly stejné délky jako u vodiče.

Samotná sonda je vodivě připojena ke koaxiálnímu kabelu tak, že tvoří jeho neuzavřený konec. Koaxiální kabel a sonda se liší nejen tvarem, ale také typem dielektrického materiálu. Zatímco kabel má jako dielektrikum polyetylen, měřený materiál slouží jako dielektrikum sondy. Dielektrikum kabelu je možné považovat za téměř ideální, měřený vlhký materiál většinou obsahuje rozpuštěné soli, a proto je elektricky vodivý. Tento fakt však přesnost měření ve vyšší míře neovlivní z důvodu vysoké frekvence pulsu.

Vzorkovač detekuje elektromagnetické vlny vyslané pulsním generátorem a přenesené přes koaxiální kabel a sondu. Když jsou elektromagnetické vlny vyslané generátorem detekovány, změří elektrické napětí mezi stíněním a vodičem. Naměřená množina dat udává funkci elektrického napětí v závislosti na čase, za který se odezva přenášeného pulsu vrátí zpět do zařízení.

Koaxiální kabel spojuje pulsní generátor a vzorkovač. Stínění koaxiálního kabelu je uzemněno, tudíž jeho elektrický potenciál je nulový. Elektromagnetické vlny generované pulsním generátorem jsou vysílány do koaxiálního kabelu se sníženým napětím mezi vodičem a stíněním o několik desetin voltu.

Vyhodnocení získaných dat je založeno na následujících základních principech. Jakákoli změna impedance v systému koaxiální kabel–sonda způsobuje částečný nebo úplný odraz pulsu. Je tedy zřejmé, že jeden odraz pulsu bude na rozhraní sondy a kabelu, kde dochází ke změně dielektrika. Ke druhému odrazu dochází na otevřeném konci sondy, kde se impedance blíží hodnotě impedance okolí a kde se vlna odráží ve fázi. Odražené pulsy mohou být buď ve fázi s původním pulsem, což se stane v případě, jestliže elektromagnetická vlna narazí na vzrůstající impedanci, nebo při dosažení klesající impedance mohou být v opačné fázi.

Digitální osciloskop zobrazuje na displeji z tekutých krystalů měření elektrického napětí v čase, získané z vzorkovače, nebo data posílá do počítače. Z nich se poté generuje křivka, zvaná stopa. S výjimkou míst, kde se nacházejí poruchy kolem vedení, je hladká. Poruchy mění impedanci a způsobují částečný odraz nebo úplnou ztrátu signálu.

Stopy osciloskopu TDR pro tři porézní média s rozdílným obsahem vody (tj. rozdílnou relativní permitivitou) jsou zřejmé z obr. 1. První dvě maxima definují časové měřítko použité pro kontrolu zařízení. Jsou konstantní a jsou výsledkem úmyslného přidání vedení s danou charakteristikou a délkou. Další dvě maxima jsou výsledkem změny impedance způsobených vzorkem – začátek a konec sondy. V suchém materiálu, kde je relativní permitivita velmi nízká (např. 1), je šířený signál velice krátký, což má za následek velmi malou vzdálenost mezi maximy. Prostřední stopa ukazuje materiál částečně nasycený vodou (většina typických porézních materiálů). Zvýšení relativní permitivity způsobí snížení rychlosti šíření elektromagnetického signálu, což vede k prodloužení času šíření. Spodní stopa ukazuje vodu, jejíž relativní permitivita je nevyšší.

Čas, a tedy i rychlost šíření pulsu, zjevně závisí na relativní permitivitě porézního materiálu, která může být popsána

na vztahem

$$\varepsilon = \left(\frac{ct_p}{2L} \right)^2, \quad (2)$$

kde ε je relativní permitivita porézního materiálu, c rychlost světla ($3e08$ m/s), t_p čas průchodu pulsu čidly sond měřených zařízením TDR a L délka čidla sondy.

Na základě znalosti relativní permitivity je možné stanovit obsah vody v materiálu několika způsoby. Nejpopulárnější jsou empirické vztahy, navržené např. Toppem [11] a Malickým [12], které vztahují relativní permitivitu materiálu k obsahu vody. Toppův vzorec je jednoduchý, empiricky vytvořený vztah mezi relativní permitivitou a obsahem vody

$$\theta = \frac{-530 + 292\varepsilon - 5,5\varepsilon^2 + 0,043\varepsilon^3}{1000}, \quad (3)$$

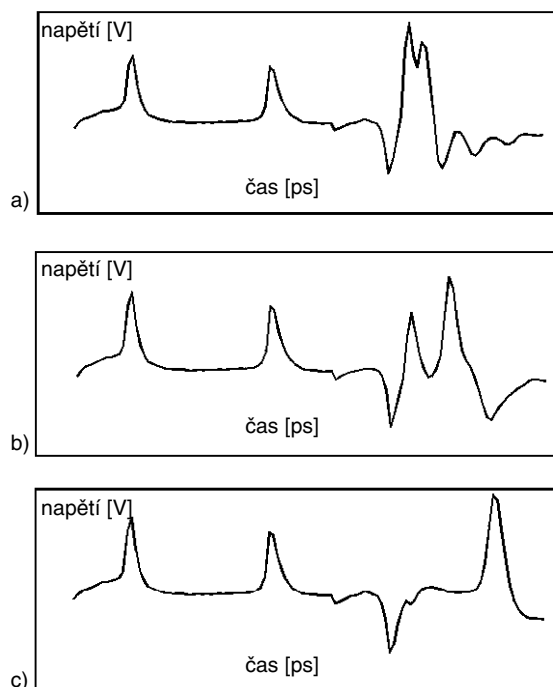
kde θ je objemový podíl vody ve zkoumaném porézním materiálu [m^3/m^3] a ε relativní permitivita (2). Vztah (3) umožňuje rychlé a efektivní zjištění obsahu vody. Je však nezbytné zmínit, že takto získané hodnoty vlhkosti jsou zatíženy velkou chybou [13] v rozmezí 0,15 až 0,05 cm^3/cm^3 . Tato chyba je často výsledkem rozdílné objemové hmotnosti pevných materiálů, která není ve vztahu zohledněna.

Malického semiempirický vzorec, který obsahuje nejen relativní permitivitu, ale také hustotu materiálu, je formulován vztahem

$$\theta = \frac{(\varepsilon^{0,5} - 0,819 - 0,168\rho - 0,159\rho^2)}{7,17 + 1,18\rho}, \quad (4)$$

kde ρ je objemová hmotnost materiálu [$g\ cm^{-3}$].

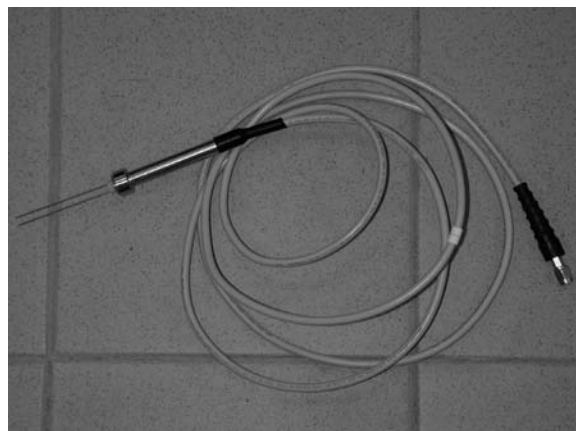
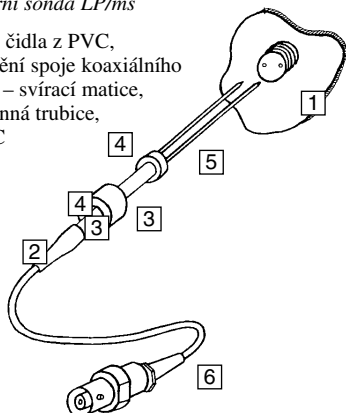
Získané výsledky jsou zatíženy v porovnání s Toppovým vztahem podstatně menší chybou, která se pohybuje mezi 0,03 a 0,01 cm^3/cm^3 . To byl také důvod, proč jsme tuto metodu pro stanovení vlhkostního profilu pórobetonu použili.



Obr. 1. Reflektogramy TDR závislé na obsahu vody
a – suchý porézní materiál, b – vodou částečně nasycený porézní materiál, c – stopa pro vodu

Obr. 2. Laboratorní sonda LP/ms

1 – vodičící hlavice čidla z PVC,
2 – čidla, 3 – těsnění spoje koaxiálního
kabelu a sondy, 4 – svírací matice,
5 – ocelová ochranná trubice,
6 – konektor BNC



Experiment

Měřicí aparatura LOM/RS/6/mps od firmy Easy Test je založena na technologii TDR s pulsy tvaru \sin^2 s časem náběhu kolem 200 ps. Jde o počítačem řízené zařízení [14], původně vyvinuté pro měření obsahu vlhkosti v půdách. Vestavěný počítač slouží ke kontrole obvodu TDR pro vytváření pulsů, pro nahrávání stopy zobrazující napětí v závislosti na čase, pro výpočet rychlosti šíření pulsu v jednotlivých čidlech sond a v neposlední řadě k výpočtu relativní permitivity vzorku.

Pro stanovení relativní permitivity materiálu, odpovídající specifickému obsahu vlhkosti, byly použity laboratorní sondy LP/ms (Easy Test) se dvěma čidly (hroty) [12]. Mohou být použity nejen k monitorování obsahu vlhkosti, ale také k měření obsahu solí na základě měření hodnoty elektrické vodivosti. Jsou vyrobeny ze dvou tyčinek (čidel) z čisté oceli $\varnothing 0,8$ mm a délce 53 mm (obr. 2). Vzdálenost čidel je 5 mm. Sféra vlivu sondy byla určena jednoduchým experimentem. Sonda byla upevněna do kádinky a v průběhu měření se krok po kroku přidávala voda. Z naměřených dat (relativní permitivity v závislosti na množství vody) jsme zjistili, že sféra vlivu vytváří váleček cca $\varnothing 7$ mm a výšce kolem 60 mm podél tyčinek senzoru. Přesnost měření obsahu vlhkosti udávaná výrobcem je ± 2 % ze zobrazené hodnoty. Postup pomocí metody TDR je možné rozdělit do tří základních kroků.

■ Kalibrace byla provedena pro každou sondu zvlášť. Z časového intervalu t_s a známé relativní permitivity vody

$$\sqrt{\varepsilon_w} = \frac{c}{2l_p}(t_w - t_{ref}), \quad (5)$$

$$\sqrt{\varepsilon_b} = \frac{c}{2l_p}(t_b - t_{ref}), \quad (6)$$

$$t_{ref} = \frac{\sqrt{\varepsilon_w} t_b - \sqrt{\varepsilon_b} t_w}{\sqrt{\varepsilon_w} - \sqrt{\varepsilon_b}}, \quad (7)$$

$$l_p = \frac{c}{2} \frac{t_w - t_b}{\sqrt{\varepsilon_w} - \sqrt{\varepsilon_b}}, \quad (8)$$

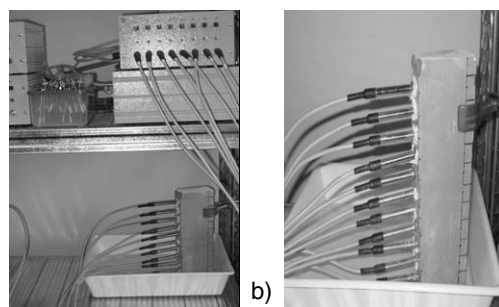
ε_w a benzenu ε_b , byla délka jednotlivých senzorů l_p určena podle vztahů:

kde c je rychlost elektromagnetických vln ve vakuu, t_w čas šíření vlny ve vodě, t_b čas šíření vlny v benzenu. Na základě teorie elektromagnetismu a zanedbáním imaginární části komplexní relativní permitivity získáme z měření TDR hod-

notu zjevné relativní permitivity ε_a vyjádřené vztahem

$$\sqrt{\varepsilon_a} = \frac{c}{2l_p}(t_{probe} - t_{ref}). \quad (9)$$

■ Vlhkostní profily se měřily na suchých vzorcích pórobetonu Ytong (objemová hmotnost 465 kg/m^3) v klimatizované laboratoři při teplotě 23 ± 1 °C a relativní vlhkosti 30 ± 2 %. Vzorky velikosti $70 \times 50 \times 330$ mm byly vyrobeny v továrně Ytong v Laussigu jako speciální série. Uspořádání experimentu bylo obdobné jako u standardních sorpčních postupů. Pro zabezpečení jednorozměrného transportu vlhkosti byly nejdříve vzorky na čtyřech bočních stranách vodotěsně a parotěsně izolovány epoxidovou pryskyřicí. Poté bylo do vyvrtaných otvorů v každém vzorku umístěno šestnáct sond, jejichž volný okraj byl utěsněn technickou plastelinou. Uspořádáním experimentu do vertikální polohy (obr. 3) jsme sice nevyloučili vliv gravitace na transport vlhkosti, přiblížili jsme se však reálné, neboť mnoho degradačních procesů stavebních konstrukcí je iniciováno právě vztláním kapalné vlhkosti z podzákladí. Od kontaktu vzorku s vodou byl transport vlhkosti průběžně monitorován a experiment ukončen po proniknutí vody na konec vzorku.

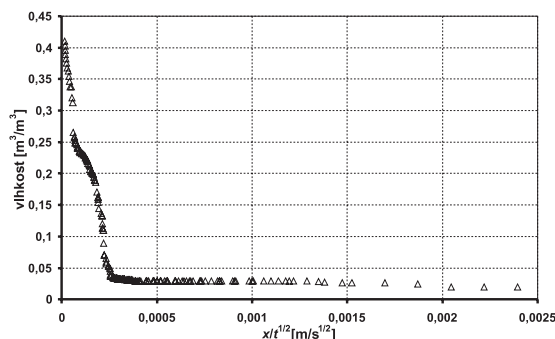


Obr. 3. Uspořádání experimentu

■ Výsledné vlhkostní profily pórobetonu, spočítané pomocí Malického vztahu [12] z naměřených relativních permitiv, jsou prezentovány v Boltzmannově formě na obr. 4.

Součinitel vlhkostní vodivosti

Pro výpočet ze změřených vlhkostních profilů jsme zvolili tranzientní Matanovu metodu [15]. Postup vychází z aplikace Boltzmannovy transformace, kterou je možné použít při dostatečně krátkých časových intervalech, kdy

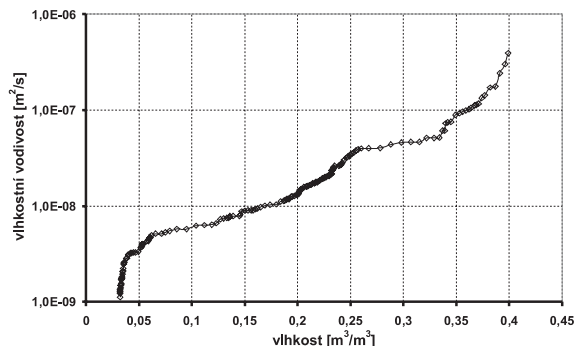


Obr. 4. Vlhkostní profily pórobetonu stanovené metodou TDR

hraniční podmínka na suchém konci vzorku ještě není efektivní. Její výhoda spočívá v konverzi řešení parciální diferenciální rovnice obecně používané pro popis přenosu vlhkosti na řešení obyčejné diferenciální rovnice [16]. Jestliže je přenos vlhkosti $u(x)$ v čase $t = t_0$ znám, je možné najít součinitel vlhkostní vodivosti $\kappa(u_x)$ podle vztahu

$$\kappa(u_x) = \frac{1}{2t_0 \left(\frac{du}{dx} \right)_{x_0}} \int_{x_0}^{\infty} x \frac{du}{dx} dx. \quad (10)$$

Vypočítaná závislost součinitele vlhkostní vodivosti na obsahu vlhkosti je uvedena na obr. 5.



Obr. 5. Součinitel vlhkostní vodivosti pórobetonu Ytong

Závěr

Popsaný experiment prokázal perspektivu metody TDR pro stanovení obsahu vlhkosti v porézních stavebních materiálech. Její výhodou nepochybně je, že díky vysoké aplikované frekvenci měření je použitelná také v místech s přítomností solí, což běžně používané metody, např. kapacitní či odporová, s dostatečnou přesností neumožňují. Má velký potenciál nejen pro aplikaci v laboratorních podmínkách, ale je možné ji využít pro dlouhodobé monitorování obsahu vody ve stavební konstrukci přímo na staveništi. Proti gravimetrickým metodám umožňuje kontinuální a dlouhodobé měření vlhkostních profilů zkoumaných materiálů a konstrukcí. To ji dělá použitelnou pro dlouhodobé monitorování procesů kondenzace vodní páry uvnitř stavebních konstrukcí, k níž může dojít zejména v průběhu zimního období, což může významně přispět k posouzení vhodnosti aplikovaného konstrukčního řešení a uspořádání.

Článek vznikl ve spolupráci s Technical University of Lublin, Poland. Výzkum byl podporován z projektu KONTAKT MŠMT ČR č. PL – 44 a č. 4 T09D 052 22, poskytnutého Polish State Committee for Scientific Research.

Literatura

- [1] Berliner, M. A.: Izmerenija vlazhnosti. Moskva, Energija 1967.
- [2] Oehme, F.: Dielektrische Messmethoden zur quantitativen Analyse und fuer chemische Strukturbestimmungen. Weinheim, Verlag Chemie 1958.
- [3] Kautsch, R.: Elektrische Messtechnik zur Messung nichtelektrischen Groessen. Berlin, VEB Verlag Technik 1967.
- [4] Pande, A.: Handbook of Moisture Determination and Control. New York, Marcel Dekker 1974.
- [5] Van Bavel, C. H. M.: Neutron Scattering Measurement of Soil Moisture: Development and Current Status. In: Humidity and Moisture, Wexler A. (ed.). New York, Reinhold 1965, pp. 95–102.
- [6] Pel, L. – Kopinga, K. – Brocken, H.: Determination of Moisture Profiles in Porous Building Materials by NMR. Magnetic Resonance Imaging, Vol. 14, 1996, pp. 931–934.
- [7] MC Intire P. (ed.): Nondestructive Testing Handbook, 2nd Edition, Vol. 4, New York, American Society for Nondestructive Testing 1986.
- [8] Nofziger, D. L. – Swartzendruber, D.: Material Content of Binary Physical Mixtures as Measured with a Dual Energy Beam of g-Rays. Journal of Applied Physics, Vol. 45, 1974, pp. 5443–5449.
- [9] Curtis, H. L. – Defandorf, F. M.: Dielectric Constant and Dielectric Strength of Elementary Substances, Pure Inorganic Compounds, and Air. In: Washburn, E.D. (Ed.), International Critical Tables of Numerical Data, Physics, Chemistry and Technology, Vol. 6, New York, McGraw-Hill 1929, pp. 73–107.
- [10] Nissen, H. H. – Moldrup, P.: Theoretical Background for the TDR Methodology. SP Report, No. 11, Lyngby, Danish Institute of Plant and Soil Science 1995, pp. 9–23.
- [11] Topp, G. C. – Davis, J. L. – Annan, A. P.: Electromagnetic Determination of Soil Water Content: Measurements in Coaxial Transmission Lines. Water Resources Research, Vol. 16, 1980, pp. 574–582.
- [12] Malicki, M. A. – Plagge, R. – Renger, M. – Walczak, R. T.: Application of Time-Domain Reflectometry (TDR) Soil Moisture Miniprobe for the Determination of Unsaturated Soil Water Characteristics from Undisturbed Soil Cores. Irrigation Science, Vol. 13, 1994, pp. 65–72.
- [13] Schapp, M. G. – de Lange, L. – Heimovara, T. J.: TDR Calibration of Organic Forest Floor Media. Soil Technology, 1996, 11, pp. 205–217.
- [14] Malicki, M. A. – Skierucha, W. M. A.: Manually Controlled TDR Soil Moisture Meter Operating with 300 ps Rise-Time Needle Pulse. Irrigation Science, Vol. 10, 1989, pp. 153–163.
- [15] Matano, C.: On the Relation between the Diffusion Coefficient and Concentration of Solid Metals. Jap. J. Phys., 1933, Vol. 8, pp. 109–115.
- [16] Drchalová, J. – Černý, R.: Non Steady-State Methods for Determining the Moisture Diffusivity of Porous Materials. Int. Comm. Heat and Mass Transfer, 1998, Vol. 25, pp. 109–116.

Stavební obzor na CD

Ročníky

2002, 2003 a 2004

ve formátu pdf si lze objednat u distributora,
popř. v redakci našeho časopisu

Cena:

1 ročník na CD

včetně krabičky a přebalu 400 Kč
poštovné + balné (dobírka) 100 Kč

Objednávky:

Ing. Milan Gattringer, MG DTP, Borovanská 3388,
143 00 Praha 4, tel./fax: 241 770 220,
e-mail: mgdtp@volny.cz

Pavlík, Z. – Fiala, L. – Černý, R. – Sobczuk, H. – Suchorab, Z.: Monitoring of Water Suction Experiment Using TDR Method

The time domain reflectometry (TDR) method is commonly used for measurement of moisture content in soil science although it has a good potential for application also in other scientific fields. In this paper, the possibilities of utilization of the TDR method for measuring moisture content in porous building materials are analyzed. The application of the TDR method is demonstrated on the measurement of moisture profiles in cellular concrete. On the basis of the obtained data, moisture dependent moisture diffusivity is determined using an inverse analysis of moisture transport.

Pavlík, Z. – Fiala, L. – Černý, R. – Sobczuk, H. – Suchorab, Z.: Beobachtung des Verlaufs der Wasseraufnahme poröser Baumaterialien mit dem Verfahren TDR

Das Verfahren TDR (Time Domain Reflectometry) wird in der gegenwärtigen technischen Praxis in breiterem Maße nur in der Bodenkunde angewandt, obwohl es sehr gute Voraussetzungen für die Anwendung in weiteren Wissenschaftszweigen bietet. Im Artikel befassen wir uns mit der Möglichkeit der Anwendung des Verfahrens für die Messung des Feuchtegehalts poröser Baumaterialien. Die Anwendung wird an einer Messung der Feuchtigkeitsprofile in Porenbeton demonstriert. Auf Grund der gewonnenen Ergebnisse wird mit Hilfe einer Inversionsanalyse des Feuchtigkeits-transportes der Feuchtigkeitsleitkoeffizient in Abhängigkeit vom Feuchtegehalt bestimmt.

• zprávy

Rekonstrukce Hudebního divadla v Karlíně

V polovině dubna byla zahájena rekonstrukce historické budovy povodněmi zničeného divadla. Po dvouletém zhotovování projektu a odvolávání neúspěšných účastníků výběrových řízení bylo možné uzavřít smlouvu s vítězem – Sdružením HDK, v němž se pro tuto akci spojily akciové společnosti Metrostav a Skanska CZ, a zahájit vlastní práce. Investice do celé akce budou necelých 630 mil. Kč, což je méně, než se původně počítalo. Vynucené úpravy v projektu neohrozí celkové pojetí rekonstrukce ani termín jejího ukončení, tím je datum 30. září 2006. Konečný rozpočet je kompromisem mezi přáním divadla a možnostmi rozpočtu Hlavního města Prahy, které je objednatelem díla. Umožní obnovit divadlo a doplnit nezbytné zázemí. Omezení původně uvažovaného rozsahu investice se týká především nové budovy u Negrelliho viaduktu, kde měla být administrativní a provozní část.

Budova, vystavěná roku 1881 v pseudobarokním stylu, byla původně určena pro cirkusová představení. Do konce století byla přestavěna pro účely varieté. Po první světové válce rozšířil repertoár o kabaret Karel Hašler. Ve dvacátých letech zde hostovaly různé divadelní soubory – např. bratislavské Národní divadlo. Začátkem třicátých let zde byla Moderní opereta, brzy se však vrátilo varieté. Roku 1936 bylo původní stolové zařízení přeměněno na řady sedadel. V době německé okupace zde působil soubor z uzavřeného Národního divadla pod názvem „Prozatímní divadlo“. Roku 1945 zahájil v karlínské budově E. F. Burian operetou Král tuláků pravidelný provoz repertoárového hudebního divadla. Neslo postupně název Divadlo v Karlíně,

Opereta v Karlíně, Komická zpěvohra. Po roce 1948, kdy patřilo Čs. státnímu filmu s názvem „Divadlo Umění lidu“, byli pověřeni jeho vedením Jan Werich s Oldřichem Novým. Werich sem přenesl americký muzikál Divotvorný hrnec z Divadla V+W, kde jej uvedli s Voskovcem jako první v Evropě. Od roku 1950 patřilo divadlo městu Praze, roku 1954 se stalo majetkem státním pod názvem Státní divadlo v Karlíně, roku 1961 vráceno pražskému magistrátu jako Hudební divadlo v Karlíně a v této pozici se nalézá dodnes. V současné době hraje soubor divadla na náhradní scéně v Kongresovém centru v Praze, neboť po velké povodni v létě 2002 v karlínské budově hrát nelze.



V rámci projektu (Sdružení Pragoprojekt, a. s., d plus, a. s., ANIMA, s. r. o.) bude v původním rozsahu rekonstruována veřejná část divadla a všechny památkové prvky, jeviště a technologie divadla. Od počátku rekonstrukce dodavatelé spolupracují s památkáři. V současné době se divadlo odstrojuje, památkové prvky se demontují a odvázejí k restaurátorům na opravy a repase (např. křišťálové lustry a svítidla) nebo se zakrývají tak, aby nebyly poškozeny. Repasovat se budou až po dokončení hrubých stavebních prací. Demontují se sedadla a likvidují podlahy. Hlediště bude sníženo zhruba o 1 m, součástí jeviště bude nová točna. Koordinace prací je poměrně náročná, protože se stavba zásobuje z velmi rušné ulice. Veškeré materiály proto musí být transportovány v přesně určenou dobu.

Boční přelivy a bezpečnost přehrad

Ing. Martin KRÁLÍK, PhD.
 ČVUT – Fakulta stavební
 Praha

Příspěvek se zabývá bezpečností přehrad z hlediska extrémních povodní. Bezpečnost sypané hráze závisí velkou měrou na funkci zařízení převádějícího povodňovou vlnu pod přehradou. U malých a středních sypaných hrází v České republice se ve většině případů navrhoval a navrhuje boční přeliv. Ke zjištění jeho charakteristik za extrémních povodní byl využit modelový výzkum v laboratoři. Z mnoha experimentů bylo možno vytvořit systém konzumních křivek pro zobecnění při posuzování bočních přelivů v praxi.

Úvod

Spolehlivost celého vodního díla závisí nejen na tělese přehradní hráze, ale i na spolehlivosti ostatních objektů. Nesprávné navržení, výstavba i provozování jeho částí, tj. tělesa a těsnění hráze, odběrných zařízení, spodních výpustí, bezpečnostních přelivů, komunikací po hrázi, komunikačních štol, elektrárny, plavební komory, rybího přechodu, vývaru pod přehradou, mohou vést k ohrožení přehrady včetně okolí. S rozvojem znalostí a zkušeností se riziko porušení přehrad v průběhu let snižuje, trvale však zůstávají aktuální zejména dva rizikové faktory:

- slabiny podloží (je nutno stavět i v geologicky málo příhodných profilech),
- extrémní povodně.

Příspěvek pojednává o bezpečnosti přehrad za povodní ve vztahu k pojistným zařízením. Pozornost přitom soustřeďuje na velmi frekventovaný typ přelivu (zejména u sypaných přehrad), na boční přeliv a jeho funkci při překročení návrhových podmínek.

Mezní bezpečnost

Při projektování přehrad se vychází z návrhových kritérií stanovených (popř. normových) v dané době. V průběhu provozu dochází jednak ke změnám těchto kritérií, jednak se mohou měnit i odtokové poměry v povodí vodního díla (včetně nových poznatků o povodňovém režimu). V celosvětové praxi se dnes prosazuje zásada, že je třeba vyloučit, resp. zásadně omezit riziko celkového porušení přehrad při výskytu extrémních povodní. Zejména tam, kde jsou přímo ohroženy lidské životy. Proto je v současné době často diskutována otázka mezní bezpečnosti již postavených přehrad, hlavně přehrad na malých tocích, kde zásahem člověka došlo na ploše povodí ke změnám srážko-odtokových poměrů. Snahou je přesně odhadnout maximální průtok z povodí a posoudit jeho účinky na vybudovanou přehradu, a to včetně funkce přelivu při průtocích výrazně překračujících návrhový průtok a důsledků případného přelivů koruny přehrad.

Různé typy přelivů se při extrémních povodňových stavech (tj. při přetížení) chovají různě. Často se uvádí velmi nebezpečné zahlcení tlakových odpadů od přelivů, zamezující náhle nárůst jejich průtočnosti.

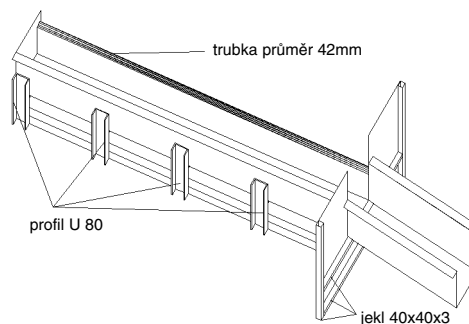
U bočních přelivů se dosud hydrotechnický výzkum hydraulickou funkcí při přetížení nezabýval. Četný výskyt tohoto typu přelivu v ČR poukázal na jeho aktuálnost. Proto byl plánovitý výzkum ve vodohospodářské laboratoři Fakulty stavební ČVUT zaměřen na hydraulické problémy bočních přelivů se snahou o zobecnění.

Boční přelivy

Vzhledem ke složitosti proudění vody, zejména ve spadišti bočního přelivu, však stanovení potřebných vztahů není jednoduché. Zřejmě proto se výzkum bočních přelivů (zejména na hydraulických modelech) prováděl převážně pro konkrétní případy praxe, aniž by bylo provedeno žádoucí zobecnění. Hydraulický návrh bočního přelivu se skládá z návrhu tělesa přelivu, z dimenzování spadiště, z dimenzování propustku (nebo průtočného průřezu mostku), popř. z ověření kapacity průchodu mezi spadištěm a svodem. Dále se navrhuje svodné zařízení do dolní vody (obvykle skluz) a tlumení energie vody pod přehradou. Komplikace spojené s hydraulickým návrhem působí zejména součinitel přepadu m , prostorové proudění, provzdušněné vírové jevy ve spadišti (nelze spočítat podle žádného výpočtového modelu), zatopení spadiště a ovlivňování přepadu dolní vodou (vliv zatopení lze odhadnout pouze s velkou nepřesností), přechod ze spadiště do skluzu zúžením příčného profilu (součinitel zúžení při přechodu do mostku nebo propustku).

Model bočního přelivu

Zkoumání hydrodynamických jevů na modelech je založeno na teorii podobnosti mezi prouděním vody na skutečném vodním díle a prouděním na jeho zmenšeném modelu. Fyzikální hydraulický model bočního přelivu měl délku přelivu 2 000 mm (resp. 4 250 mm), délku spadiště 2 000 mm, šířku spadiště 250 mm, hloubku 300 mm (resp. 282 mm, 260 mm, 200 mm, 138 mm, 80 mm), výšku návrhového přepadového paprsku 53 mm (resp. 32 mm), sklon spadiště 2, 6 a 10 %, sklon skluzu 2, 6, 10 a 37,9 (obr. 1). Kromě klasického bočního přelivu byl zkoumán i často používaný typ přelivu s oboustranným přepadem vody do spadiště.



Obr. 1. Výkresová dokumentace modelu bočního přelivu

Tvar modelu bočního přelivu odpovídá skutečnému bočnímu přelivu, tzn. že každý jeho rozměr byl zmenšen ve

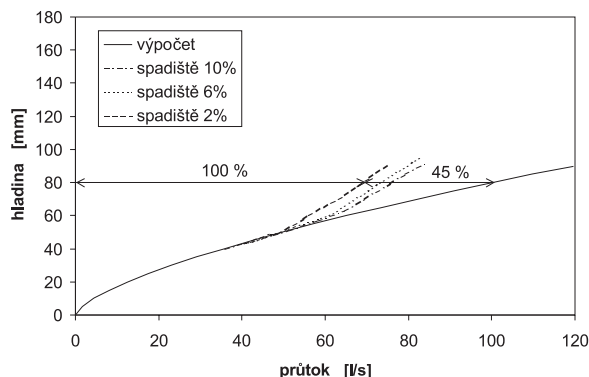
stejném měřítku. V tomto případě mluvíme o geometrické podobnosti. Pro praktické využití hodnot naměřených na modelu stačí pouze zvolit vhodné měřítko. V této oblasti jsou vyjádřeny podmínky dynamické podobnosti hydrodynamických jevů za výhradního působení gravitačních sil. Jde o Froudův typ modelové podobnosti.



Obr. 2. Model jednostranného bočního přelivu se sklonem spadiště 6 % při průtoku 54 l/s

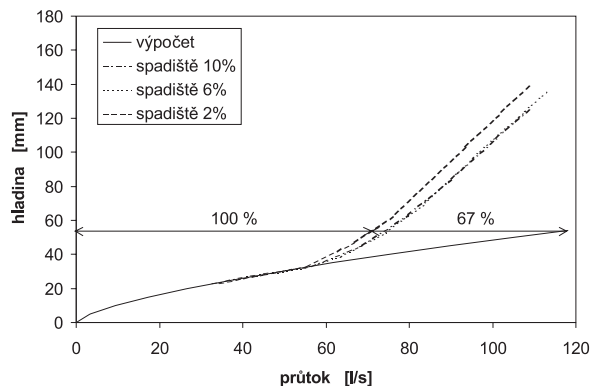
Výsledky experimentů

Výsledky jsou zpracovány v souboru konzumních křivek jednotlivých variant. Pro každou z 86 variant různého konstrukčního uspořádání bylo třeba pro konstrukci konzumní křivky zajistit alespoň pět měření hladiny v závislosti na průtoku. Na obrázku 2 je jednostranný boční přeliv se sklonem spadiště 6 % a průtokem 54 l/s. Získané konzumní křivky bočních přelivů jsou v rozsahu nejen do hodnot návrhového průtoku, ale zejména nad tyto hodnoty, což bylo cílem experimentů (až na 240 % návrhového průtoku). Ukázalo se, že v porovnání s nezahlceným spadištěm může dojít ke snížení průtočnosti i okolo 60 % výpočtových hodnot klasického přepadu vody (obr. 3, obr. 4). Doporučuje se



Obr. 3. Porovnání jednostranných bočních přelivů

souhrnnou konzumní křivku prodloužit nad úroveň koruny hráze, aby bylo možné posoudit, zda případné přelití při povodni ohrozí stabilitu vzdušné části hráze. Při projektování i zkoumání již vybudovaných vodních děl se dá



Obr. 4. Porovnání oboustranných bočních přelivů

posoudit kapacita bočního přelivu nad návrhovou hladinu v nádrži, a zjistit tak kontrolní povodňový průtok, při kterém se ještě nebude přelévat koruna hráze. Při návrhu opatření při posuzování průchodu povodňové vlny je pak možné včas stanovit opatření na koruně hráze i pod hrází [1].

Příspěvek vznikl za podpory projektu č. 103/03/0309 GA ČR „Hydraulika objektů za povodní“.

Literatura

- [1] Králík, M.: Boční přelivy a bezpečnost přehrad. [Dizertace]. Praha, ČVUT, 2004.
- [2] Kolář, V. – Patočka, C. – Bém, L.: Hydraulika. Praha, SNTL/Alfa 1973.
- [3] Broža, V. – Kratochvíl, J. – Peter, P. – Votruba, L.: Přehrady. Praha, SNTL/Alfa 1987.
- [4] Čábelka, J. – Gabriel, P.: Matematické a fyzikální modelování v hydrotechnice. Praha, Academia 1987.

Králík, M.: Side Channel Spillways and Safety of Dams

This article seeks to examine safety of dams given extreme floods. The safety of earth dams largely depends on the function of the facility leading the flood wave below the dam. Small and middle-sized earth dams are mostly designed with a side channel spillway in the Czech Republic. To determine its characteristics during extreme floods, model-based investigation in the laboratory was conducted. Based on numerous experiments, a system of discharge-rating curves was created for generalization as part of assessing side channel spillways in practice.

Králík, M.: Seitliche Überläufe und Sicherheit von Talsperren

Der Beitrag befasst sich mit der Sicherheit von Talsperren vom Gesichtspunkt extremer Hochwässer. Die Sicherheit eines Schüttdamms hängt in großem Maße von der Funktion einer Einrichtung ab, die eine Hochwasserwelle vor die Talsperre leitet. Bei kleinen und mittleren Schüttdämmen wurde und wird in Tschechien in den meisten Fällen ein seitlicher Überlauf entworfen. Zur Feststellung seiner Charakteristiken bei extremen Hochwässern wurde eine Modelluntersuchung im Labor benutzt. Aus vielen Experimenten konnte ein System von Pegelschlüsseln zur Verallgemeinerung bei der Beurteilung von seitlichen Überläufen in der Praxis gebildet werden.

Výpočet vzduť hladiny při tlakovém proudění mostním otvorem

Ing. Tomáš PICEK
Ing. Aleš HAVLÍK, CSc.
ČVUT – Fakulta stavební
Praha

Autoři se v článku zabývají problematikou tlakového proudění mostním otvorem. Text obsahuje jak základní rozbor hydraulického výpočtu, tak i vlastní poznatky, závěry a doporučení pro praktický výpočet. Tyto závěry jsou podloženy vlastním fyzikálním výzkumem.

Úvod

Mosty patří k nejčastějším příčným stavbám na vodních tocích, a proto je nutné s nimi při řešení proudění vody v korytech počítat. Zatímco při běžných vodních stavech zasahují do průtočného průřezu v mostním profilu pouze boční či středové pilíře, a jde tedy o proudění s volnou hladinou, v případě povodňových stavů může při proudění mostním profilem dojít ke kontaktu hladiny s konstrukcí mostovky, kdy je nutné se zabývat otázkou přechodu mezi prouděním tlakovým a prouděním o volné hladině. Základy postupu řešení proudění mostním profilem jsou známy, ale stanovení potřebných odporových součinitelů je vždy do značné míry nejisté a v kombinaci s příliš schematickým přístupem k řešení problému a nerespektováním podmínek, pro které byl postup odvozen, může při matematickém modelování průchodu vody mostním profilem za tlakového proudění mostním otvorem dojít k výrazným chybám. Z důvodu kvantifikace nejistot a možných chyb byly provedeny pokusy při fyzikálním modelování tlakového proudění mostním otvorem o jednom poli s vyloučením účinku boční kontrakce.

Základní hydraulická schémata

V případě kontaktu hladiny s konstrukcí mostovky mohou nastat tři základní případy proudění:

- tlakové proudění nastává pouze ve vstupním profilu mostního otvoru – schéma nezatopeného výtoku pod stavidlem (obr. 1a);
- v celé délce mostního otvoru je proudění tlakové, hladina v korytu za mostovkou neovlivňuje vzduť mostem (obr. 1b);
- v celé délce mostního otvoru je proudění tlakové, hladina v korytu za mostovkou ovlivňuje vzduť mostem – schéma zatopeného výtoku otvorem (obr. 1c).

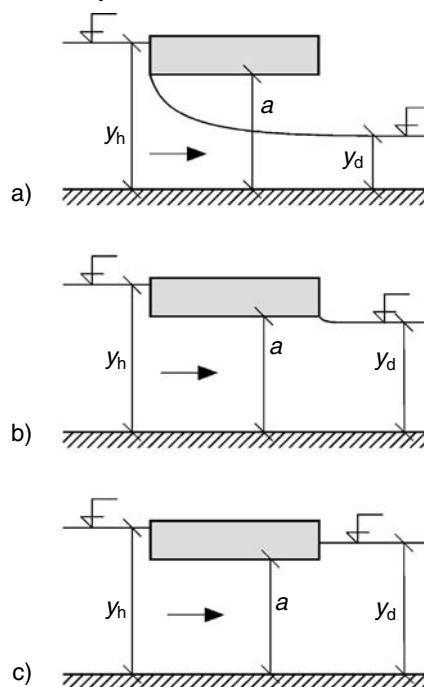
Článek se zabývá posledním z uvedených případů, který je nejpravděpodobnější na tocích s říčním charakterem proudění (nižší rychlostí proudění).

Schéma zatopeného výtoku otvorem

Při hydraulickém řešení jsou možné dva základní případy. Při prvním se řeší samostatně problém výtoku do dolního koryta, tlakové proudění mostním otvorem a vtok do

mostního otvoru. Tento přístup má své opodstatnění např. u propustků, kde délka propustku (ve směru proudění) je několikanásobně větší než rozměry příčného profilu propustku.

V případě mostů či mostků, u kterých převažují rozměry příčného profilu mostního otvoru nad jeho délkou, není toto řešení příliš vhodné, protože vzhledem k malé vzdálenosti mezi vtokem a výtokem je proudění v profilu výtoku vtokem silně ovlivněno. Zde je na místě při řešení průběhu hladin korytem použít postup, při kterém je objekt uvažován jako nedělitelný celek.



Obr. 1. Základní schémata tlakového proudění mostním otvorem

Schéma zatopeného výtoku otvorem je použito např. v jednorozměrném matematickém modelu pro řešení průběhu hladin v otevřených korytech HEC-RAS – [3] (obr. 2 – hladina znázorněna plnou čarou). Při řešení se vychází z energetické bilance mezi profily před mostovkou (profil 1) a za ní (profil 2). Po matematické úpravě je možno napsat rovnici pro zatopený výtok otvorem

$$Q = \mu \cdot S_0 \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H} \quad (1)$$

kde Q je průtok korytem [m^3s^{-1}];

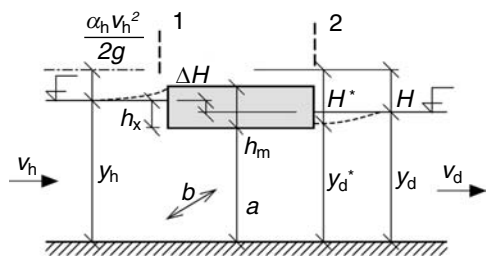
μ – výtokový součinitel [–];

S_0 – průtočná plocha mostního otvoru [m^2] (pro obdélníkový otvor $S_0 = a \cdot b$, kde a je světlá výška mostního otvoru, b světlá šířka mostního otvoru);

H – úroveň čáry energie v profilu před mostem nad úrovní hladiny v korytě za mostem [m];

g – tíhové zrychlení.

Toto řešení předpokládá, že tlakové poměry na výstupním profilu mostu jsou dány hladinou za mostem, jejíž úroveň

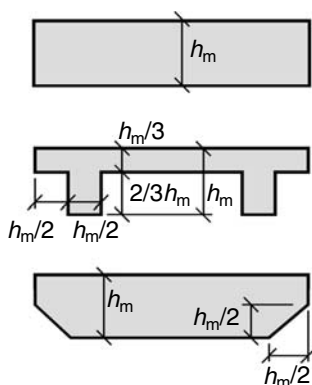


Obr. 2. Schéma zatopeného výtoku ostrohu

v případě říčního proudění vychází z řešení průběhu hladiny v přilehlém úseku toku za mostem. Úroveň hladiny v profilu 2 je ovlivněna nejen rozšířením proudu v rovině horizontální (tento vliv je postížen výpočtem průběhu hladiny z přilehlého úseku toku za mostem), ale též expanzí proudu v rovině vertikální. Podobná problematika je řešena v případě nedokonalého výtoku pod stavidlem (např. [1], s. 212) – zde ovšem proudění není komplikováno rozměrem konstrukce ve směru proudění. Z těchto důvodů byla pro lepší pochopení problému provedena řada měření na dvojrozměrném fyzikálním modelu.

Fyzikální model

Fyzikální model sestával z mostovky vložené do obdélníkového hydraulického žlabu (využity žlaby šířky 0,75 m a 0,25 m se skleněnými stěnami). Hlavní část měření probíhala na mostovce obdélníkové (variantní výšky $h_m = 50$ mm, 75 mm a 100 mm) s výškou mostního otvoru variantně $a = 2h_m$, $a = 3h_m$, $a = 4h_m$. Při každém nastaveném průtoku a hladině (pro úroveň hladiny před mostem v rozmezí od dolního po horní líc mostovky) byl zaměřen podrobný podélný profil hladiny před mostem a za ním. Vedle základního obdélníkového tvaru mostovky byly též provedeny pokusy na mostovce se zkosenými hranami a na mostovce tvaru TT (obr. 3).



Obr. 3. Tvary mostovky použité na fyzikálním modelu

Výsledky měření

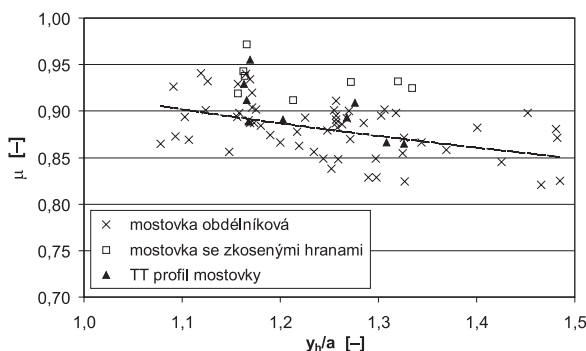
Při měření se projeví dvě odchylky od schematického podélného profilu hladiny znázorněného na obr. 2 plnou čarou. První (v podstatě předpokládanou) odchylkou bylo vytvoření snížené hloubky těsně za mostovkou vlivem vertikálního rozšíření proudu, ze které postupně hladina stoupá na úroveň danou podmínkami v korytu za mostem. Druhá změna se týká vytvoření lokálního vzestupu hladiny před mostovkou (obr. 2 – čárkovaně). Tento jev je popsán např. v [2].

Při vyhodnocení výtokového součinitele μ se vyšlo z rovnice (1). Jelikož tlakové poměry na výtokovém profilu

mostního otvoru jsou dány hloubkou těsně za tímto profilem, měla by se místo hodnoty H v rovnici (1) uvažovat hodnota H^* vztažená k zúžené hloubce za mostovkou (obr. 2)

$$Q = \mu \cdot S_0 \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H^*} \tag{2}$$

Takto vyhodnocený součinitel μ je v závislosti na relativním zatopení y_h/a uveden v grafu na obr. 4, ze kterého je i přes jistý rozptýl experimentálně zjištěných dat patrný pokles hodnot výtokového součinitele se zvětšujícím se relativním zatopením vstupního profilu mostního otvoru. Hodnotu výtokového součinitele $\mu = 0,8$ ([3], s. 5/21) jako typickou je na základě vyhodnocení výsledků experimentů možno pro případ proudění mostním profilem bez boční kontrakce považovat spíše za dolní hranici. Vyšší hodnoty výtokového součinitele μ u mostovky se zkosenými hranami bylo možné očekávat. Poměrně vysoké hodnoty μ pro zvolený tvar TT je možno vysvětlit tím, že u tohoto tvaru mostovky je snížení hladiny za výstupním profilem méně výrazné, a tedy hodnoty H^* v rovnici (2) nabývají při stejném průtoku Q a poměru y_h/a srovnatelných až nižších hodnot než u mostovky obdélníkové.



Obr. 4. Závislost výtokového součinitele μ (y_h/a)

Rovnice (2) předpokládá určení zúžené hloubky za mostem y_d^* . Pro stanovení poměru y_d^*/y_d (y_d je snížená hloubka v korytu za mostem) se vyšlo z hodnoty Froudeova čísla

$$Fr_d = \frac{v_d}{\sqrt{g \cdot y_d}} \left(\text{kde } v_d = \frac{Q}{b \cdot y_d} \right)$$

popisujícího charakter proudění v obdélníkovém žlabu za mostovkou a hodnoty y_d/a charakterizující relativní zatopení mostního otvoru dolní vodou,

$$\frac{y_d^*}{y_d} = f\left(\frac{y_d}{a}, Fr_d\right).$$

Závislost y_d^*/y_d má pro obdélníkovou mostovku tvar

$$\frac{y_d^*}{y_d} = \left(1 - 0,83 \cdot \left(\frac{y_d}{a} - 1 \right)^{0,69} \cdot Fr_d^2 \right) \tag{3}$$

Tento výraz byl odvozen pro hodnoty $y_d/a \in (1,07; 1,48)$ a $Fr_d \in (0,08; 0,66)$.

Graf na obr. 5 zobrazuje relaci mezi poměrnou hodnotou zúžené hloubky za mostem, vypočítané z rovnice (3), a naměřenými hodnotami. Byl též proveden pokus o sestavení vlastního výrazu pro výpočet vzdutí mostem ΔH bez nutnosti výpočtu zúžené hloubky y_d^* . Pro daný tvar mostovky byly za základní parametry určeny Froudeovo číslo proudu v dolním korytě Fr_d a poměr h_x/a , kde h_x značí výšku překážky ($h_x = y_h - a$), (obr. 2). Na základě aproximace

naměřenými daty byly odvozeny výrazy pro mostovku:

$$\text{– obdélníkového tvaru } \frac{\Delta H}{h_x} = 1,56 \cdot Fr_d^2 \cdot \left(\frac{h_x}{a}\right)^{0,36}, \quad (4)$$

$$\text{– se zkosenými hranami } \frac{\Delta H}{h_x} = 2,15 \cdot Fr_d^2 \cdot \left(\frac{h_x}{a}\right)^{0,92}, \quad (5)$$

$$\text{– tvaru TT } \frac{\Delta H}{h_x} = 1,44 \cdot Fr_d^2 \cdot \left(\frac{h_x}{a}\right)^{0,19}. \quad (6)$$

Jak z uvedených rovnic vyplývá, je při stejné hodnotě Froudova čísla Fr_d (resp. druhé mocnině Fr_d^2) relace mezi poměrnými hodnotami vzduť $\Delta H/h_x$ u různých tvarů mostovek dána poměrem výrazů $m \cdot (h_x/a)^n$, kde parametry m a n jsou pro jednotlivé tvary mostovek patrné z rovnic (4), (5), (6). Z této relace, znázorněné na obr. 6, vyplývá, že největší vzduť nastávají na tvarově nejčlenitějším tvaru mostovky TT. Prostým zkosením hran mostovky obdélníkového tvaru lze dosáhnout snížení vzduť ΔH v řádu desítek procent.

V grafu na obr. 7 je pro mostovku obdélníkového tvaru provedeno porovnání hodnot vzduť experimentálně zjištěných s hodnotami vypočtenými na základě výše uvedených postupů (vyneseny relativní hodnoty $\Delta H/y_d$). Pro daný průtok Q a danou hloubku vody v korytě za mostem je vzduť počítána:

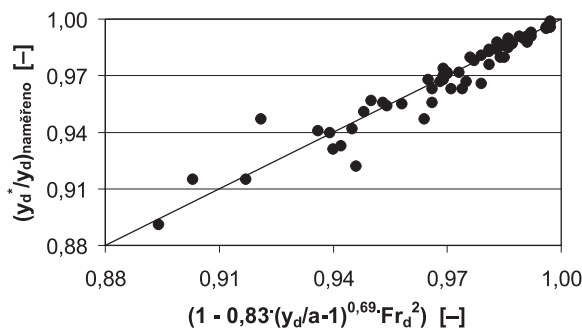
- řada A: z rovnice (4);
- řada B: pomocí rovnice (2), pro kterou je výtokový součinitel μ odečten z aproximované křivky na obr. 4, snížená hloubka za mostem y_d^* je stanovena na základě rovnice (3);
- řada C: pomocí rovnice (1), pro kterou je výtokový součinitel μ odečten z aproximované křivky na obr. 4.

V případě správně použité rovnice výtoku otvorem (řada B) i empiricky odvozeného výrazu pro stanovení vzduť (řada A) je přesnost výpočtu dostatečná. Naopak, při nerespektování existence zúžené hloubky za mostem (řada C) může dojít k velmi významnému nadhodnocení vzduť.

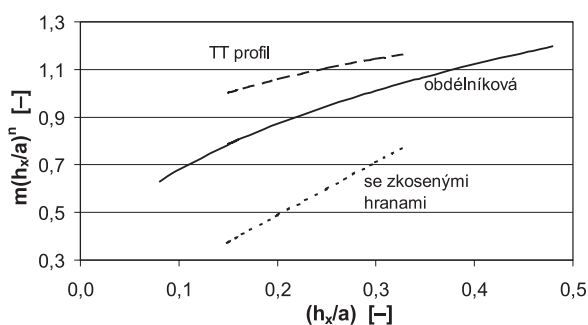
Závěry

Při stanovení vzduť mostem v případě plného zatopení mostního otvoru se v důsledku expanze proudu za mostem na výstupním profilu vytvoří snížená hloubka y_d^* . Při použití rovnice (2) zatopeného výtoku otvorem je tuto hloubku nutno stanovit a při řešení s ní počítat. Rovnice (2), která se má při aplikaci součinitele výtoku μ správně použít, vychází právě z hloubky zúžené y_d^* , a tudíž z ní nelze přímo určit požadovanou hodnotu vzduť, což je navýšení hladiny před mostem nad původní hladinou v korytu – v profilu o hloubce y_d . V důsledku použití hloubky nezúžené y_d namísto hloubky zúžené y_d^* může při aplikaci rovnice (1) zatopeného výtoku otvorem dojít při výpočtu vzduť k významným chybám.

Velmi zajímavým poznatkem je, že tvaru mostovky, při kterém je způsobené vzduť hladiny největší, nemusí odpovídat minimální hodnoty součinitele výtoku. To je důsledkem vytvoření rozdílných snížených hloubek za výstupním profilem u různých tvarů mostovek při shodném průtoku, světlé výšce mostního otvoru a dolní okrajové podmínice (hloubce y_d v dolním korytu).

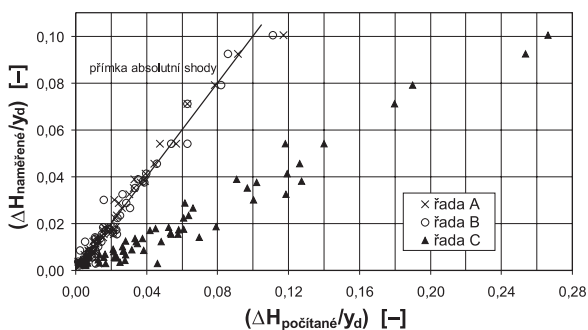


Obr. 5. Zúžená hloubka za mostem – porovnání odvozených a naměřených hodnot



Obr. 6. Diagram pro porovnání poměrných hodnot vzduť

$$\frac{\Delta H}{h_x} = m \cdot Fr_d^2 \cdot \left(\frac{h_x}{a}\right)^n \text{ pro různé tvary mostovek při stejném Froudově čísle } Fr_d$$



Obr. 7. Porovnání hodnot vzduť obdélníkovou mostovkou stanovených různými způsoby s experimentálně naměřenými daty (vyneseny relativní hodnoty $\Delta H/y_d$)

Příspěvek byl vypracován za podpory projektů č. 103/03/0309 GA ČR „Hydraulika objektů za povodní“ a č. 103/04/1328 GA „Nejistoty hydraulických výpočtů na vodních tocích pro extrémní hydrologické jevy“.

Literatura

- [1] Kolář, V. – Patočka, C. – Bém, J.: Hydraulika. Praha, SNTL 1983.
- [2] Píček, T. – Havlík, A. – Mattas, D.: Tlakové proudění mostním otvorem a přelévané mosty. Journal of Hydrology and Hydromechanics, 52, 2004, No. 3, pp. 185–192.
- [3] U. S. Army Corps of Engineers: HEC-RAS River Analysis System. Hydraulic Reference Manual – Version 3.0. Davis, 2001.

Picek, T. – Havlík, A.: Calculation of Waterlevel Upwell in Pressure Flow through a Bridge Opening

The authors examine pressure flow through a bridge opening in this paper. The paper contains both elementary analysis of hydraulic calculation and gained knowledge, conclusions and recommendations for practical calculations. These recommendations are based on actual physical research.

Picek, T. – Havlík, A.: Berechnung der Pegelaufstauung bei einer Druckströmung durch eine Brückenöffnung

In diesem Artikel befassen sich die Autoren mit der Problematik der Druckströmung durch eine Brückenöffnung. Der Artikel enthält sowohl eine grundlegende Analyse der hydraulischen Berechnung, als auch eigene Erkenntnisse, Schlussfolgerungen und Empfehlungen für die praktische Berechnung. Diese Schlussfolgerungen werden durch die eigene physikalische Forschung belegt.

• dizertace



Redevelopment of Urban Areas

Ing. Pavlína Jiroutková

Dizertace se zabývá aktuálními otázkami revitalizace problematických nemovitostí, zejména území zvaných „brown-fields“, čímž jsou myšlena území a objekty s ekologickou zátěží. Práce obsahuje přehled, analýzu a porovnání vybraných metod a jejich aplikovatelnost ve střední Evropě, vše za účasti soukromého kapitálu.

Energetické posouzení transparentní izolace

Ing. Petra Soukupová

Práce srovnává transparentní izolaci stěny s tradičním tepelně izolačním kontaktním zateplovacím systémem. V parametrických studiích se posuzuje energetický návrh variant pro tři klimatická pásma Evropy.

Ohybová únosnost tenkostěnných vaznic Z-průřezu

Ing. Miroslav Rosmanit

V dizertaci se určuje ohybová únosnost tenkostěnných vaznic v případě odpovídající praxi, tj. kdy je horní pásnice vaznice držena proti příčnému pohybu krytinou. Teoretické výpočty založené na software Ansys jsou ověřeny šestnácti experimenty. Výsledkem je zjednodušený postup návrhu vaznic použitelný v praxi a vystihující skutečné působení.

• zprávy

Výstavba Centra Chodov pokračuje

Nové společensko-obchodní centrum s širokou nabídkou služeb, které z hlediska rozsahu i komplexnosti nemá v České republice obdoby, vzniká na pražském Jižním Městě. Zvolené území svou polohou uprostřed obytné čtvrti Chodov, která počtem obyvatel dosahuje velikosti krajského města ČR, a současně s napojením na dálnici D1 a městské komunikace vytváří předpoklady pro vybudování alternativního městského centra, které přispěje ke zvýšení životní úrovně v dané oblasti.

Výhodou celé lokality, a tedy i samotného projektu, je dobře zavedený dopravní systém a infrastruktura. Centrum Chodov bude vystavěno nad stávající stanicí metra Chodov (trasa C) se dvěma výstupy, navazujícími přímo na nákupní pasáž. Sousedící autobusové zastávky budou zajišťovat spojení se všemi rezidenčními částmi jižní a jihovýchodní části Prahy. Dopravní řešení projektu zahrnuje přímé napojení lokality Chodov na dálnici D1 v obou směrech. Tak bude zaručena dostupnost i v době dopravních špiček. Jeden z dálničních sjezdů bude nedílnou součástí projektu a povede přímo na východní parkoviště a dále na parkoviště typu Park&Ride (P+R). Velkou výhodou je výborná viditelnost objektů z dálnice i dalších přístupových cest.



Projekt bude realizován ve třech etapách. V první etapě vznikne společensko-obchodní komplex s gastronomií, sportovním vyžitím a zábavou. Druhá etapa předpokládá realizaci bytově administrativního komplexu, přičemž časový horizont je závislý na širším spektru aspektů jak obchodních, tak i technických. Spojovacím článkem mezi tímto komplexem a komplexem společensko-obchodního centra by mělo být náměstí jako přirozené centrum lokality. Náměstí bude v přízemí obklopeno obchody, restauracemi a terasami, nad nimiž bude několik podlaží bytů a malých kanceláří.

Realizací této části projektu vznikne městská ulice spojující třetí etapu s první, což povede ke vzniku atraktivní bytové oblasti na západní straně. Součástí této etapy bude rovněž výstavba podzemního parkoviště, díky němuž bude nakonec Centrum Chodov disponovat kapacitou odhadovanou na více než 3 460 parkovacích stání, z níž část bude fungovat jako záchytné parkoviště P+R.

Tisková informace

Fraktální geometrie I

Fraktalita koloidních agregátů a pórovitých látek

doc. RNDr. Tomáš FICKER, DrSc.

Ing. Petr NĚMEC

VUT – Fakulta stavební

Brno

V článku jsou vyloženy základní pojmy fraktální geometrie a na příkladu fraktality koloidních agregátů a pórovitých látek ilustrována užitečnost fraktální koncepce. Na tuto úvodní část bude navazovat sdělení, které pojedná o fraktální struktuře cementových gelů.

Úvod

Fraktální geometrie [1]–[6] je dnes již respektovanou disciplínou s mnoha aplikacemi v nejrůznějších odvětvích vědy a techniky. Tato disciplína se neprosazovala lehce. Na svém počátku – na přelomu 19. a 20. století – byla v rukou jen úzké skupiny matematiků, a teprve počátkem osmdesátých let minulého století doznala velkého rozvoje zásluhou propagátora této disciplíny, B. B. Mandelbrota [3]–[5]. Svě uplatnění našla téměř ve všech vědních a technických oborech. Stala se univerzální disciplínou, přestože se jejímu nástupu před dvaceti lety stavěly do cesty i skeptické hlasy. Uplynulých dvacet let však prokázalo, že je velmi životaschopná a ve svých aplikacích neobyčejně plodná.

Předkládaný článek je míněn jako úvod do základní problematiky s cílem připravit prostor pro následné pojednání, které referuje o výzkumu **fraktální** mikrostruktury cementových gelů jako hlavní složky betonových hmot používaných ve stavebnictví.

Vliv fraktální geometrie na chování fyzikálních veličin

Fraktály jsou geometrické, resp. matematické objekty, jejichž Hausdorffova–Besicovitchova dimenze (D_{HB}) [3]–[6] je větší než jejich topologická dimenze D_T . Hausdorffova–Besicovitchova dimenze se u fraktálních objektů nazývá **fraktální dimenzí**, tzn. $D_f = D_{HB}$. Mezi fraktály jsou velmi početnou skupinou **fraktály soběpodobné**. Soběpodobnost je termín, který v tomto případě zahrnuje dvě vlastnosti, a to invarianci geometrického tvaru vůči translaci a invarianci vůči změnám délkové škály, pomocí které daný objekt klasifikujeme (poměřujeme).

Přesná definice fraktální dimenze není doposud k dispozici, ale často se nesprávně interpretuje jako míra nepravidelnosti objektu. Výše uvedená definice nezahrnuje některé důležité případy speciálních fraktálů, jako jsou např. selfafinní fraktály. Jako paradoxní se pak mohou jevit případy fraktálů s různou nepravidelností, avšak se stejnou dimenzí. Vysvětlení je prosté. Fraktální dimenze vyjadřuje pouze **stupeň zaplnění** euklidovského prostoru (přímky, roviny, trojrozměrného tělesa) fraktálním objektem, a nikoli jeho stupeň nepravidelnosti.

Deterministické modely fraktálních objektů jsou většinou soběpodobné v celé délkové škále, zatímco přírodní fraktály jen v konečném intervalu ohraničeném **vnitřním** a **vnějším**

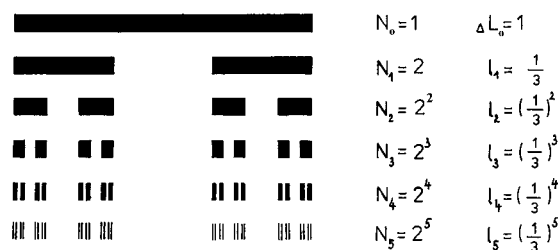
přerušením. Mimo tento škálovací interval si objekt zachovává klasické euklidovské vlastnosti. Následující dva deterministické modely ilustrují některá specifika fraktálních objektů.

■ Cantorův prach – lze snadno ověřit (*obr. 1*), že pro populace N_k a N_{k-i} , náležející ke generacím k a $k-i$ s délkovými škálami l_k a l_{k-i} zobrazeného Cantorova objektu, platí

$$N_k = N_{k-i} \left(\frac{l_{k-i}}{l_k} \right)^D, \quad k > i, \quad k = 1, 2, 3, \dots, \infty, \quad (1)$$

$$\text{kde} \quad D = \frac{\ln(N_k / N_{k-1})}{\ln(l_{k-1} / l_k)} \quad (2)$$

je podobnostní dimenze. Tato dimenze je u soběpodobných deterministických fraktálů rovna přímo Hausdorffově–Besicovitchově dimenzi D_{HB} , tj. fraktální dimenzi D_f . Hodnotu podobnostní dimenze (2) obdržíme jako směrnici ze závislosti (1) v bilogarithmických souřadnicích. Pro



Obr. 1. Cantorův prach; $D_f = \ln 2 / \ln 3 = 0,631$

Cantorův prach můžeme dále upřesnit

$$D_f = \ln 2 / \ln 3 = 0,631, \quad (3)$$

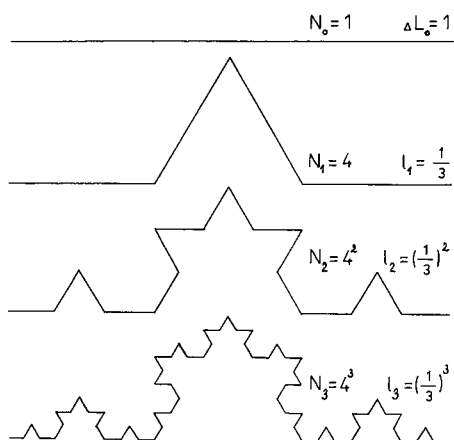
$$N_k = \left(\frac{\Delta L_0}{l_k} \right)^{D_f}, \quad \Delta L_0 = l_0. \quad (4)$$

Vztah (4) lze interpretovat dvojím způsobem:

- při konstantní velikosti vzorku jde o přechod na „jemnější“ délkové škály l_k . Provedeme-li nekonečné zjemnění $k \rightarrow \infty$, obdržíme fraktál;
- při konstantní délkové škále l_k lze zvětšovat velikost vzorku ΔL_0 , čímž dosáhneme podobného účinku jako v prvním případě. Tento lokální a globální postup však nemusí být ekvivalentní u nesoběpodobných fraktálů. Vztah (4) a jemu ekvivalentní se pro svou souvislost s přechodem na různé škály označuje jako škálovací; matematicky je škálovací vlastnost vyjádřena homogenní funkcí.

■ Křivka Kochové je z dimenzionálního hlediska (viz *obr. 2*, $D_f = 1,26$) hybridem mezi křivkou ($D_T = 1$) a rovinou ($D_T = 2$), zatímco Cantorův prach ($D_f = 0,631$) je hybridem mezi bodem ($D_T = 0$) a křivkou ($D_T = 1$). Křivka Kochové může posloužit mimo jiné i jako prototyp mořského pobřeží.

Zastavme se nyní u jedné velmi důležité vlastnosti fraktálního objektu, ze které vyplývá souvislost mezi fraktální geometrií a fyzikou. Zajímáme se o vyjádření fyzikálních veličin měřených na fraktálních systémech. Vyjádřeme

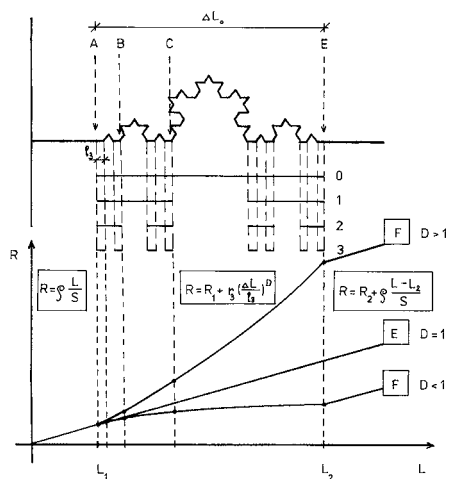


Obr. 2. Křivka Kochové, $D_f = \ln 4 / \ln 3 = 1,26$

délku L předešlých dvou útvarů. V k -té generaci je dána jako součet délek l_k všech N_k subobjektů

$$L = l_k N_k = l_k \left(\frac{\Delta L_0}{l_k} \right)^{D_f} \quad (5)$$

Vidíme, že nejen fraktální populace N , ale také délka L , splňuje škálovací vztah (4). Obdobně by i další fyzikální veličiny definované (explicitně nebo implicitně) pomocí délkových proměnných splňovaly jistou analogii škálovacího vztahu (5).



Obr. 3. Fraktální vodič

Ilustrujme klasické fraktální chování fyzikální veličiny, která je závislá na délkové proměnné. Studujme např. elektrickou rezistanci vodiče, který se vyznačuje rezistivitou (měrnou rezistancí) ρ , průřezem S a délkou L a který je vymodelován do podoby třetí generace křivky Kochové, resp. do třetí generace Cantorova prachu (jeho chybějící úseky jsou nahrazeny supravodičem, tj. $\rho = 0$) – viz obr. 3. Pro rezistanci R takového fraktálního vodiče platí

$$R = \rho \frac{L}{S} = \rho \frac{l_3}{S} \left(\frac{\Delta L_0}{l_3} \right)^{D_f} = r_3 \left(\frac{\Delta L_0}{l_3} \right)^{D_f} \quad (6)$$

tzn.
$$R = r_3 \left(\frac{\Delta L_0}{l_3} \right)^{D_f}, \quad (7)$$

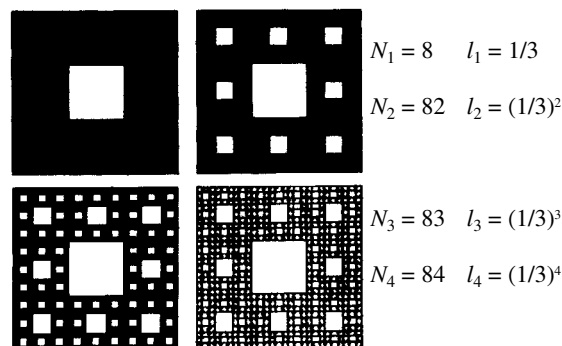
kde r_3 je rezistance úseku l_3 ve třetí generaci. V rámci globálního popisu můžeme psát

$$R \approx (\Delta L_0)^{D_f}. \quad (8)$$

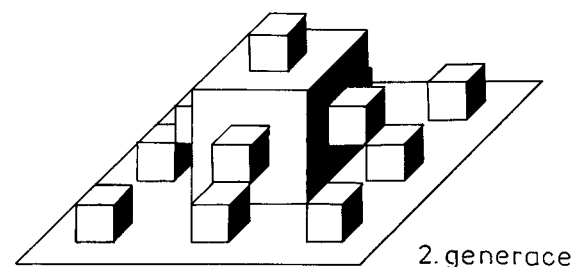
Vztah (8) předpokládá, že budeme měnit pouze délku vzorku ΔL_0 při konstantní škále poslední generace, tj. $l_3 = \text{konst} = \lambda$. Tento proces si lze představit také tak, že máme fraktální klastr, který je budován z identických jednotek konstantní velikosti λ , takže při zvětšování rozměru vzorku ΔL_0 „prostorově narůstá“, ale základní stavební jednotky se přitom nemění. Pro soběpodobné fraktály platí vztah (8) zcela obecně a exponent D_f je nazýván **klastrovou dimenzí** (cluster dimension) nebo **hmotnostní dimenzí** (mass dimension).

Deterministické a přírodní fraktály

Dalším typem deterministického fraktálu (vedle Cantorova prachu a křivky Kochové) je fraktální kubická plastika. Fraktální kubickou plastiku jsme obdrželi zobecněním Sierpinského konstrukce, naznačené na obr. 4. Spočívá ve vyjímání středového čtverce ze čtverců následujících generací. Fraktální dimenze Sierpinského koberece je $D_f = \ln 8 / \ln 3 = 1,893$. Naše fraktální kubická plastika (obr. 5) je modelována tak, že místo vyjmutých čtverců je umístěna krychle s délkou hrany odpovídající otvoru v koberci. Krychle je dutá a bez jedné stěny přiléhající k otvoru v koberci.



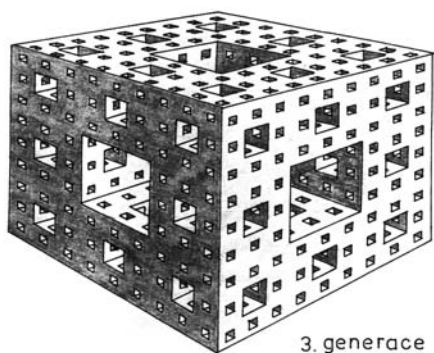
Obr. 4. Sierpinského koberec, $D_f = \ln 8 / \ln 3 = 1,89$



Obr. 5. Fraktální kubická plastika, $D_f = \ln 13 / \ln 3 = 2,33$

Původní rovina koberece je tak stále více a více členěna do prostoru, jak je vidět na obr. 5. Fraktální kubická plastika má dimenzi $D_f = \ln 13 / \ln 3 = 2,33$. Je to tedy hybrid mezi rovinou a euklidovským objemovým tělesem. Nyní je již snadné představit si plnou euklidovskou krychli, na jejíchž stěnách vyrůstají fraktální kubické plastiky dovedené do nekonečné jemnosti. Vzniká tak těleso uvnitř kompaktní, ale na povrchu fraktálně členěné. Takový útvar nazýváme **povrchovým fraktálem**.

Geometrickým doplňkem povrchového fraktálu je **objemový fraktál**, jehož prototypem je Mengerova houba (obr. 6). Vzniká opakovaným vyjímáním sedmi středových krychlí (podél osového kříže) z krychlí následných generací. Je příkladem tělesa s pórovitou strukturou. Její fraktální dimenze je $D_f = 2,73$. Charakteristickým rysem objemového fraktálu, na rozdíl od povrchového, je nerozlišitelný vnitřní a vnější povrch. Jde vlastně o plochu fraktálně „deformovanou“ v prostoru.



Obr. 6. Mengerova houba, $D_f = \ln 20 / \ln 3 = 2,73$

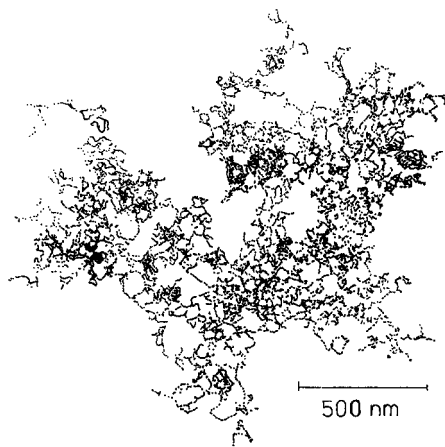
Poslední dva typy fraktálu, tj. povrchový a objemový, se ukázaly být velmi užitečnou koncepcí v geometrickém popisu struktury pórovitých látek, např. cementových gelů. Je jasné, že se oba typy fraktálů nevyskytují v přírodě v těchto deterministických, pravidelných podobách, ale v podobách neuspořádaných, chaotických, u nichž na první pohled není zřejmé, že splňují škálovací vztah (4).

Pro lepší představu vezměme např. prvních deset generací křivky Kochové. Každou generaci rozdělíme na jednotlivé úsečky, a pak je náhodně smícháme do jediného systému. Vznikne na první pohled chaotický, neuspořádaný systém. Aplikujeme-li na něj statistické metody a stanovíme-li rozdělení jeho úsečkových elementů, zjistíme, že jeho generační populace N opět splňují škálovací vztah (4), tzn. že tento neuspořádaný, chaotický systém se vyznačuje vnitřní zákonitostí fraktálního typu. Jde o **statistický fraktál**.

Přírodním **povrchovým** fraktálem může být např. fraktálně členěné pohoří. Přírodním **objemovým** fraktálem jsou mnohé pórovité látky, jejichž póry vznikly např. jako mezery mezi kompozitními částicemi. Do této skupiny patří i agregáty formované z koloidních disperzí, jako jsou cementové gely, o kterých máme v úmyslu podrobněji pojednat v samostatném příspěvku.

Koloidní agregáty a jejich počítačové modely

Koloidní chemie pracuje jak s homogenními, tak heterogenními systémy, ve kterých je jedna látka dispergovaná v objemu druhé látky. V koloidních disperzích však často dochází ke zpětné koagulaci, resp. k agregaci (shlukování) dispergovaných částic (obr. 7) a k tvorbě např. až spojité, gelové struktury. Koloidní agregáty jsou technologicky



Obr. 7. Koloidní agregát částic zlata vzniklý z vodní suspenze [8]

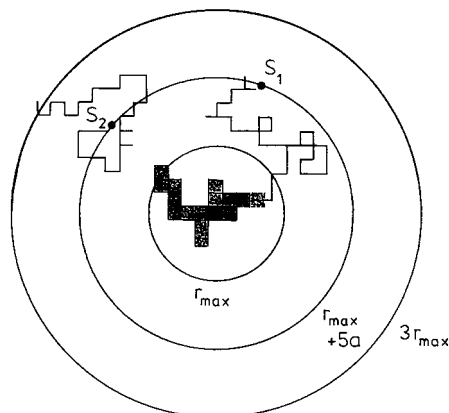
důležité materiály s celou řadou zajímavých vlastností. Cementové gely [7] jsou toho názorným příkladem.

Experimentálně bylo zjištěno, že mnoho koloidních agregátů má fraktální strukturu, resp. že jejich hmotnost je svázána s poloměrem agregátu mocninným vztahem typu (8)

$$M \sim R^{D_f}, \quad (9)$$

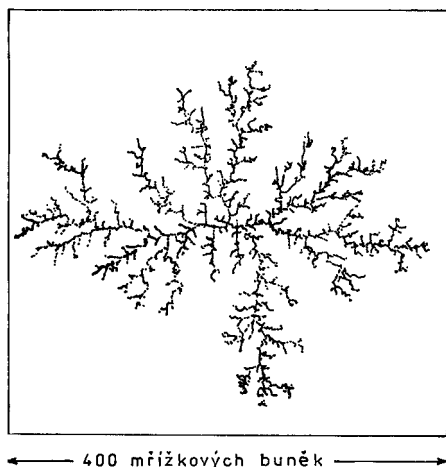
kde R je poloměr koule opsané kolem středu agregátu a M je celková hmotnost agregátních částic uvnitř koule. Zájem o fraktální strukturu koloidních agregátů se projevil, vedle experimentálního měření jejich fraktální dimenze, také v konstrukci různých modelů agregace, zejména v podobě počítačových modelů. Jejich význam spočívá v tom, že určují hodnoty fraktálních dimenzí pro různé typy agregací v dvojrozměrných a trojrozměrných prostorech. Navíc, počítačové agregáty jsou reálnějšími teoretickými modely přírodních agregátů než modely deterministické. Stručně se nyní zmíníme o třech hlavních typech.

■ První počítačový model agregátů navrhli Witten a Sander [9] v roce 1981. Jejich model idealizuje mechanismus tvorby agregátů tím, že agregátní růst uskutečňuje náhodným přidáváním jednotlivých částic k agregátnímu celku. Klikatý pohyb přibližujících se částic připomíná difúzní pohyb – odtud také název **model DLA** (Diffusion-Limited Aggregation). Přestože model nezahrnuje žádné silové interakce, vede, jak se záhy ukázalo, k tvorbě agregátů, které mají úzký vztah k některým přírodním fraktálům.



Obr. 8. Počítačová simulace agregátního klastru – model DLA

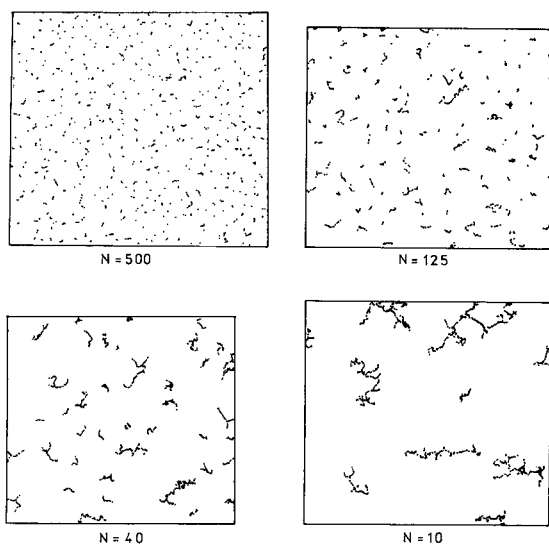
Witten–Sanderův model je ilustrován na obr. 8. Na počátku se obsadí jedna buňka čtvercové mřížky o straně a , která se tím stane zvoleným středem tří soustředných kružnic s poloměry r_{\max} , $r_{\max} + 5a$, $3r_{\max}$. Nejmenší kružnice představuje maximální velikost, do které může agregát dorůst. Střední kružnice je startovní čarou, ze které jsou vypouštěny částice, a to z náhodně vybraných bodů ležících na této kružnici. Z každého bodu, do kterého se částice na mřížce dostane, může pokračovat čtyřmi směry, ze kterých se vybírá náhodně, pomocí generátoru náhodných čísel. Výsledná trajektorie končí buď na povrchu klastru, s nímž se pevně spojí (částice S_1), nebo na vnější kružnici (částice S_2), kde končí svou dráhu a zaniká (tímto opatřením se šetří výpočetní čas). Takto lze simulovat různé velké agregáty na různých dvojrozměrných i trojrozměrných mřížkách a zjišťovat jejich Hausdorffovu–Besicovitchovu dimenzi podle vztahu (11). Jako příklad uvádíme na obr. 9 agregát sestávající z 10 000 částic (buněk) vymodelovaný na čtvercové mřížce 400×400 .



Obr. 9. Počítačový agregát – 10 000 částic na mřížce 400 x 400

Uvedená verze modelu v průběhu let doznala různých modifikací, avšak pokud byly výpočty prováděny na menších mřížkách (10^4 buněk), vždy byl víceméně potvrzován jediný výsledek: agregát je statisticky soběpodobný nezávisle na druhu anizotropie pomocné mřížky a jeho fraktální dimenze se pohybuje kolem 1,7 pro dvojrozměrnou mřížku a kolem 2,5 pro trojrozměrnou mřížku. Později, když se studovaly rozměrnější počítačové agregáty (>math>10^4</math>), bylo zjištěno, že tvrzení o nezávislosti jejich statistické soběpodobnosti na anizotropii mřížky není zcela přesné. Počítačové modely agregátů však přesto zůstaly důležitou součástí teoretického popisu přírodních fraktálů.

■ **Model DLCA** (Diffusion-Limited Cluster Aggregation) je založen na současné tvorbě více agregátů, které se mohou vzájemně spojovat v různých fázích svého růstu. Protože jde o spojování větších celků, vzniklá struktura je méně kompaktní než v případě jednoagregátní verze (DLA), a proto je také příslušná fraktální dimenze podstatně menší – pro trojrozměrné mřížky činí přibližně 1,78. Na obrázku 10 jsou zachyceny čtyři fáze DLCA na čtvercové mřížce 200 x 200.



Obr. 10. Klastř DLCA a jeho náhodně vybrané čtyři růstové fáze s klesajícím počtem N agregátů

Model DLCA vychází z počátečního náhodného rozmístění jednotlivých částic (agregátních zárodků) na mřížce. V dalších krocích se náhodně určuje, který ze zárod-

ků provede posunutí o jednu buňku v náhodném směru, a současně se prověří, zda nedošlo k dotyku s jiným agregátním zárodkem. V kladném případě se oba spojí a vytvoří jeden větší agregát. Tím dochází k neustálému zmenšování počtu agregátů, a současně k jejich růstu.

■ **Model RLCA** (Reaction-Limited Cluster-Cluster Aggregation) se od modelu DLCA liší tím, že vhodně zmenšuje hodnotu pravděpodobnosti spojení dvou klastrů. Klastry se pak musí dostat mnohokrát do kontaktu, než se jim podaří splynout v jeden větší. Vícenásobné dotyky klastrů vedou k vytvoření kompaktnější struktury ve srovnání s DLCA a tomu také odpovídá vyšší hodnota fraktální dimenze – pro trojrozměrné mřížky činí 2,1.

Tento model simuluje případ, kdy mezi dispergovanými částicemi existují silové interakce popsané reakčním potenciálem vyznačujícím se hlubokým minimem v oblasti malých vzdáleností a repulzivní malou bariérou u větších vzdáleností, kterou musí částice, resp. agregáty, překonat, mají-li se dostat do stabilní konfigurace.

Závěr

Příspěvek si nekladl za úkol postihnout všechny charakteristické rysy fraktálních objektů, ani uvést všechny typy deterministických a přírodních fraktálů. Fraktály se vyznačují velkou rozmanitostí a bohatostí výskytu. Fraktálními vlastnostmi se může vyznačovat jak reálný, tak abstraktní objekt, např. vybraná množina čísel. Zjištění, že některý objekt, resp. fyzikální systém, je fraktální, neznamená ještě přímou informaci o dynamice systému, např. o typech silových interakcí, zároveň však informuje o mocném chování některých fyzikálních veličin, měřených na těchto systémech.

Užitečnou koncepcí v geometrickém popisu mikrostruktury některých pórovitých látek jsou povrchové a objemové fraktály, jejichž zavedení umožnilo vysvětlit některé paradoxy v rozptylových experimentech, prováděných na pórovitých látkách. O tomto problému pojednáme v samostatném příspěvku.

Počítačové modely umožňují studovat růst agregátů a na základě zjištěných hodnot fraktálních dimenzí přiřazovat přírodním fraktálům jednotlivé typy agregátních mechanismů. Toto přiřazení však není jednoznačné a vyžaduje další ověření.

Článek vznikl za podpory projektu č. 202/03/0011 GA ČR.

Literatura

- [1] Rogers, C. A.: Hausdorff Measures. Cambridge University Press 1970.
- [2] Falconer, K. J.: The Geometry of Fractal Sets. New York, Cambridge University Press 1987.
- [3] Mandelbrot, B. B.: Les objets fractals: Forme, Hasard et Dimension. Paris & Montreal, Flammarion 1975.
- [4] Mandelbrot, B. B.: Fractals: Form, Chance and Dimension. W. H. Freeman and Co. 1977 – značně přepracovaná původní francouzská verze [3].
- [5] Mandelbrot, B. B.: The Fractal Geometry of Nature. San Francisco, W. H. Freeman and Co. 1982 – přepracovaná verze [4].
- [6] Feder, J.: Fractals. New York, Plenum Press 1988.
- [7] Allen, A. J. – Oberthur, R. C. – Pearson, D. – Schofield, P. – Wilding, C. R.: Development of the Fine Porosity and Gel Structure of Hydrating Cement Systems. Philosophical Magazine B 56 (No. 3) (1987), pp. 263–288.

- [8] Weitz, D. A. – Oliviera, M.: Fractal Structures Formed by Kinetic Aggregation of Aqueous Gold Colloids. *Physical Review Letters* 52 (1984), pp.1433–1436.
- [9] Witten, T. A. – Sander, L. M.: Diffusion-Limited Aggregation, a Kinetic Critical Phenomenon, *Physical. Review Letters* 47 (No. 19) (1981), pp. 1400–1403.

Ficker, T. – Němec, P.: Fractal Geometry I – Fractality of Colloid Aggregates and Porous Materials

This paper presents fundamental concepts of fractal geometry. Using an example of fractality of colloid aggregates and porous materials, it illustrates the usefulness of the fractal conception. This introductory part will be followed by a part dealing with the fractal structure of cement gels.

Ficker, T. – Němec, P.: Fraktalgeometrie I – Fraktalitäts kolloider Aggregate und poröser Stoffe

Im Artikel werden die Grundbegriffe der Fraktalgeometrie erläutert und am Beispiel der Fraktalität kolloider Aggregate und poröser Stoffe die Nützlichkeit einer fraktalen Konzeption illustriert. An diesen einführenden Teil wird eine Mitteilung anknüpfen, die die Fraktalstruktur von Zementgelen behandeln wird.

**Katedra matematiky Fakulty stavební
ČVUT v Praze
Česká společnost pro geometrii a grafiku
Jednoty českých matematiků a fyziků**

pořádají

25. konferenci

GCG *Jizerské hory*
2005
Hotel Achát, 12. - 16. září

Tematické okruhy

- Geometrie, geometrické modelování a výpočtová geometrie a jejich aplikace
- Výuka geometrie na vysokých a středních školách
- Proměny geometrického kurikula
- Doktorská studia

Informace:

doc. RNDr. Jaroslav Černý, CSc.
email: cerny@mat.fsv.cvut.cz
tel.: +420 2 2435 3866
fax: +420 2 3333 2732

• zprávy

Unikátní klášter v Kadani v nových barvách

Západní Čechy patřily po léta mezi regiony stojící jakoby stranou. Z letargie se začaly probírat až po roce 1989. Součástí jejich obnovy a rozvoje je i péče o významné historické památky. V poslední době to byla například obnova národní kulturní památky – františkánského kláštera s kostelem Zvěstování Panny Marie a 14 svatých pomocníků v Kadani – jedné z nejvýznamnějších staveb svého druhu u nás.

Areál stojí na místě středověkého popraviště. To ostatně hraje významnou úlohu v pověsti o založení kláštera. Podle ní zde měl skončit svůj mladý život jakýsi šlechtic, který se přidal k povstání proti panovníkovi. Před popravou prosil tak vroucně o záchranu čtrnáct svatých pomocníků, svých patronů, že ti jeho prosby vyslyšeli a zachránili mu život. Jako výraz vděku za vykonaný zázrak bylo popraviště přemístěno jinam a postavená kaple byla zasvěcena právě oněm pomocníkům. Historická skutečnost je o trochu méně romantická. U zrodu kláštera stál významný český rod Hasištejnských z Lobkovic. Mnozí z jeho příslušníků našli v klášterním kostele svůj poslední odpočinek.

V průběhu staletí hrozil klášteru několikrát zánik, ale nakonec se mu podařilo přežít až do současnosti. V roce 1991 se vrátil do držení řádu Menších bratrů františkánů, ale ti neměli peníze na jeho opravy. S finančními obtížemi se potýkal i další majitel, litoměřické biskupství. Nakonec se náročné rekonstrukce ujalo město Kadaň a pod dohledem Státního úřadu památkové péče se mu podařilo vytvořit



areál, který slouží všem obyvatelům. Stavební projekt probíhal v pěti etapách a rekonstrukce byla definitivně ukončena na podzim loňského roku. Ve starší části kláštera je umístěna historická a mineralogická expozice kadaňského muzea, v novější části pak základní umělecká škola. Veřejnosti je přístupná i klášterní zahrada. Návštěvník může ocenit nejen unikátní gotickou sklípkovou klenbu a další architektonické zajímavosti, ale může se rovněž projít krásnou alejí vedoucí od klášterní brány a skrývající fragmenty barokní křížové cesty.

Františkánský klášter včetně kostela Zvěstování Panny Marie a 14 pomocníků je nejen významnou dominantou města, ale i unikátní stavbou, jakých u nás mnoho nenajdeme. Proto při jeho rekonstrukci asistovali nejen památkáři, ale také restaurátoři a archeologové.

Prováděcí stavební firma S.I.R. Hofmann z Račetic u Žatce tak na sebe vzala velkou odpovědnost. Její výsledná práce musela splnit nejen požadavky moderního stavitelství, ale stavebníci museli mít neustále na zřeteli historický význam stavby, potřebu zachovat ojedinelé architektonické prvky, a zároveň přizpůsobit stavbu společenským účelům, kterým nyní slouží. Při rekonstrukci byl použit systém Sanova WTA a silikátové lazurové barvy firmy Baumit, jež svým složením vyhovují právě historickým objektům. Vedle jádrové omítky o šířce 4 mm se uplatnily i některé typy ušlechtilých minerálních omítek.

Tisková informace

Délka vět v češtině a angličtině

(s přihlédnutím k jiným jazykům)

doc. PhDr. Milan MALINOVSKÝ, CSc.
 ČVUT – Fakulta stavební
 Praha

Se vzrůstající potřebou komunikace v oblasti stavebního inženýrství a zvyšujícím se množstvím překladů odborných textů do češtiny i z ní vyvstává někdy problém zachovat požadovaný rozsah překládaného textu (např. kvůli grafické úpravě). K této problematice přináší příspěvek výsledky porovnání délek vět, slov a slabik v češtině a vybraných evropských jazycích, jejichž závěrů lze využít v odborné překladatelské praxi.

1. Úvodem

V této stati se zabýváme porovnáváním délky vět v textech českých a anglických; pro srovnání jsme přibrali též několik textů v němčině, francouzštině a polštině, reprezentujících nejen situaci ve slovanské, germánské a románské jazykové rodině, ale také poměry mezi jazyky **flexivními** a **analytickými**. Vedle délky vět, a tudíž počtu slov, jež je vytvářejí, jsme též věnovali pozornost slovům (a tudíž počtu slabik, jimiž jsou vytvářeny). Podrobná shrnutí zkoumání přinášíme v části 3.

Ve zkoumaných textech jde vždy o dvojici (trojici, ...) originál + překlad. Pro tento účel jsme ve všech případech použili publikované překlady. Přesto, že jsme při sledování tématu vycházeli z různých literárních žánrů (srov. dokladovou literaturu) a zkoumali nemalé množství textů¹, jsme si dobře vědomi toho, že naše zjištění a závěry jsou na tomto stupni pouze orientační a mohou nést pečeť nahodilosti; teprve výzkum mnohonásobně rozsáhlejšího materiálu by mohl vést k zásadnějšímu vyjádření, pokud jde o skutečné kvantitativní poměry v rámci dvojic textů různých stylů jednotlivých jazyků.

Nejvyšší počet textů, se kterými jsme pracovali, pochází z oblasti filozofie, neboť se domníváme, že svou (ani příliš exaktní, ani nadměrně verbální) povahou jsou pro zkoumání tohoto druhu vhodné.² Další texty jsou z oboru techniky, ekologie, historie, sociologie, politologie aj.

2. Postup práce

Při zkoumání jsme postupovali takto: vzhledem k rozličným formátům jednotlivých pramenů jsme výsledky počtů převedli na normostránky (30 řádků × 60 úhozů), aby srovnání bylo zcela přesné; porovnáním těchto normostran byl získán základní údaj, pokud jde o délku textu v prvním a druhém (třetím, ...) jazyce.

2.1. Jak se dalo předpokládat, jednotlivé texty byly v různých jazycích různě dlouhé (lišily se počtem vět); vzhledem k tomu nebylo technicky dobře možné porovnávat délky paralelních vět navzájem. Nicméně některá porovnání jednotlivých vět jsme prováděli, např. v těch případech, kdy jsme zjistili, že v konečném součtu vět jednoho textu počty mezi jednotlivými jazyky nekorespondovaly. Disproporce vznikala především proto, že v některých případech bylo souvětí originálu (často např. ve francouzštině³) překladateli rozčleněno do dvou i více vět.

Naznačili jsme již v úvodu, že největší pozornost jsme věnovali textům z oblasti filozofie. Všimněme si tedy nyní členění textu v jednotlivých překladech např. na tomto souvětí [15]:

☞ francouzsky

Husserl ne l'a pas d'ailleurs développée complètement; l'ouvrage est resté inachevé; la solution qui lui servait de fil conducteur se laisse définir le plus clairement à l'aide d'une conférence prononcée par Husserl à Vienne en 1935; la, il brosse l'image d'un monde naturel, résultat d'achevements (Leistungen) en commun des subjectivités dont ce monde constitue précisément un trait d'union sans substantialité propre; c'est le retournement complet de la vue physicaliste, il est vrai, un reversement plus que copernicien – au lieu d'ilots de subjectivité contournés d'une mer infinie de structures physicalistes, schemas abstraits dépourvus de qualités et de vie, on a une mer d'intersubjectivité dite transcendentale qui entoure des unités objectives constituées en unités de sens par le travail en commun des consciences communicantes.

☞ česky

Husserl ji také nikdy úplně nerozvinul, jeho dílo zůstalo nedokončeno. Řešení, které mu bylo vodítkem, lze nejzřetelněji určit z přednášky, kterou proslovil ve Vídni roku 1935. Tam načrtává obraz přirozeného světa jako výsledku společných výkonů (Leistungen) subjektivit, jimž tento svět není ničím jiným než pojítkem bez substanciality ve vlastním smyslu. Je to vskutku úplně převrácení fyzikalistického pohledu, obrat víc než koperníkovský: místo ostrůvků subjektivity obklopených nekonečným mořem fyzikalistických struktur, abstraktních schémat zbavených kvalit i života, je zde moře intersubjektivit, zvané transcendentální, jež obklopuje objektivní jednotky konstituované společnou prací komunikujících vědomí v jednotky smyslu.

☞ polsky

Zresztą Husserl nie rozwinął jej w pełni; dzieło pozostało niedokończone. Rozwiązanie, które posłużyło mu za nic przewodnią, można najwyraźniej określić w oparciu o wykład wygłoszony przez Husserla w Wiedniu w r. 1935. Maluje on w nim obraz świata naturalnego, wynik wspólnych dokonań (Leistungen) subiektywności, w których ów świat konstytuuje właśnie linię łączącą bez właściwej istotowości; jest to całkowite odwrócenie się od fizykalnego sposobu widzenia, przewrót większy niż kopernikański: zamiast wysepki subiektywności opasanych nieskończonym morzem struktur fizykalistycznych, abstrakcyjnych schematów pozbawionych jakości i życia, mamy morze intersubiektywności nazywanej transcendentálną, które otacza obiektywne jedności ukonstytuowane w jednościach sensu wspólną pracą komunikujących się świadomości.

anglicky

(První věta souvětí nepřeložena.) *We can best glean the solution that guided him from the lecture he delivered in Vienna in 1935. There he sketches the image of a "natural" world conceived as a product of the common achievements (Leistungen) of subjectivities for whom this world is nothing but a common link devoid of any genuine substantiality. It is, in truth, a complete inversion of the physicalist view, a more than Copernican reversal. In place of islets of subjectivity surrounded by an infinite sea of physicalist structures, of abstract schemata stripped of qualities and of life, we now have a sea of allegedly transcendental intersubjectivity surrounding objective unities constituted as unities of meaning by the common efforts of communicating consciousnesses.*

německy

Hinzu kommt, da Husserl sie nicht vollständig entfaltet hat; das Vorhaben blieb unvollendet. Im Wiener Vortrag von 1935 wird sein Leitgedanke am deutlichsten. Husserl zeichnet die natürliche Welt hier als Resultat von gemeinschaftlich erbrachten Leistungen der Subjekte, für welche diese Welt ein vereinigendes Element ohne eigene Substantialität darstellt. Er vollzieht eine totale Umkehrung der physikalistischen Sichtweise, eine mehr als kopernikanische Revolution: Statt Inseln der Subjektivität, die von einem unendlich weiten Meer physikalistischer Strukturen und abstrakter, lebloser und aller Qualität beraubter Schemata umgeben sind, haben wir hier das Meer einer als transzendental bezeichneten Intersubjektivität, welches objektive Einheiten, Sinneinheiten umschließt, die in der gemeinsamen Anstrengung kommunizierender Bewusstseine konstituiert wurden.

Považujeme-li středník za znak pro apoziční spojení vět v souvětí, zjišťujeme, že souvětí francouzského originálu (mimořadně v našich nálezech jedno z nejrozvítejších, čítající 121 slovních jednotek) bylo do čtyř jazyků překládáno 3 až 4 větami; s tímto jevem se ve sledovaném textu setkáváme vícekrát. Pozoruhodné je to, že takto k překladu přistupovali překladatelé jak do germánských, tak do slovanských jazyků (polský překlad má tři věty, s členěním podobným českému). Dodejme, že v tomto textu jsme též zaznamenali nejdelší souvětí (z celého zkoumaného materiálu) o 135 slovech ve francouzštině, nejdelší souvětí v angličtině mělo 129 slov; zbývající jazyky byly na výskyt takto dlouhých souvětí chudší.

Obecně je možno říct, že vyšší počet slov ve větě jazyků analytických lze vysvětlit tím, že v těchto jazycích se gramatické hodnoty vyjadřují pomocnými slovy; to se týká např. času, osoby i kategorie určenosti. Obdobnou skutečností je, že zatímco slovanské jazyky vyjadřují větné vztahy (pády) jmen pádovými koncovkami, jazyky germánské a románské uplatňují předložky.

2.2. Při slovní analýze jsme vycházeli především z grafické podoby slova. Angličtina překypuje značným počtem jednoslabičných slov; ilustrujme tento jev např. úryvkem z textu překladu Kartezianství a fenomenologie [8, s. 307]: „*This world by means of which is not a world of beings, rather, it is I, a being that understands beings, that is open for them; and the core of this world which I am is a ...*“, v němž ze 37 slov je 30 jednoslabičných. Jde o to, zda a

kdy se v tomto případě **zvuková realizace** kryje s **psanou formou**, nebo se vyslovuje např. jen jedna ze dvou písmem naznačených slabik (v češtině takový rozdíl nenacházíme). Abychom takovou diferencii zachytili, vycházeli jsme v našem zkoumání z obou možností; tato otázka je omezena především na angličtinu.

Proti očekávání jsme v německých textech nenalezli mnoho dlouhých slov; jak v angličtině, tak v češtině, francouzštině, němčině i polštině jsou v našich textech delší slova než sedmislabičná raritou. Zcela ojedinělou výjimkou bylo v němčině 10-slabičné adjektivum *informationstheoretischer*, v češtině 9-slabičný genitivní tvar *psychofyzikologického* a 11-slabičný lokativní tvar *čtyřřadvacetkilometrovém*. Pro němčinu (i angličtinu) jsou dosti příznačné souhláskové shluky: přestože slova vypadají dlouhá, na slabiky příliš rozsáhlá nejsou.

2.3. Vcelku lze říct, že naše ukázky nasvědčují tomu, že předpoklady vyplývající z typologické povahy jazyků by rozsáhlejším materiálem byly potvrzeny. Čeština jako jazyk flexivní má v průměru ve větě méně slov než angličtina a slova jsou tu delší. Celková délka textu (měřeno ve slabikách) je v češtině **delší**, což znamená, že český slovní tvar je často delší než odpovídající anglická forma analytická a že česká odvozená slova jsou delší než anglická značková pojmenování. Jinak řečeno, krátkost anglických slov (významových i pomocných) je víc než vyvážení toho, že se čeština často obejde bez pomocných slov. Větší délka anglického psaného textu je tedy dána specifickými rysy anglického pravopisu.

Pro ostatní jazyky nasvědčují naše ukázky tomu, že francouzština se v hlavních ukazatelích patrně shoduje s angličtinou a polštinou s češtinou – opět ve shodě s predikcí založenou na typologii. Němčina má v některých rysech blíže k jazykům slovanským (délka slov), v jiných k angličtině a francouzštině (délka vět).

3. Statistické ukazatele

V *tabulce 1* uvádíme počty stran (= normostran, v tomto smyslu i nadále), vět, slov a slabik zkoumaných textů (jde o stejný rozsah textu v češtině a v angličtině; pro ostatní jazyky byly naše soubory omezenější). Pokud jde o srovnání počtu slov v rámci jednoho textu, potom je pořadí následující: angličtina (nejvyšší počet), francouzština, němčina, polština, čeština (nejnižší počet).

Poměr počtu slov ve větě v oblasti filozofických textů

■ Pořadí jazyků: *angličtina, čeština, němčina* [14]. Anglická věta má v daném textu v průměru o 28,24 % více slov než česká věta a o 8,20 % více slov než německá věta, tj. německá věta má v průměru o 15,63 % více slov než česká věta.

■ *Angličtina, čeština, němčina, francouzština, polština* [15]. Anglická věta má v daném textu v průměru o 19,23 % více slov než česká věta, o 6,37 % více slov než německá věta, o 9,11 % méně slov než francouzská věta a o 11,36 % více slov než polská věta.

■ *A obráceně*: česká věta má v průměru o 10,79 % méně slov než německá věta, o 23,77 % méně slov než francouzská věta a o 6,61 % více slov než polská věta.

Tab. 1. Počet stran, vět a slov v textech pěti jazyků (čeština, angličtina, němčina, francouzština, polština)

Jazyk	Počet					
	stran		vět		slov ***	
Č	264,6	81,7*	2 858	693*	63 325	19 878*
A	278,8	93,5*	2 716**	714*	76 546	26 952*
N	101,4	101,4*	695	695*	24 115	24 115*
F	26,9	26,9*	195	195*	7 088	7 088*
P	25,4	25,4*	202	202*	5 944	5 944*
celkem	697,1	328,9*	6 666	2 499*	177 018	83 977*

* Část připadající na filozofický text.

** Ačkoli v češtině i angličtině byl zkoumán týž počet textů, výrazná diference v počtu vět zde vznikla především v případě jednoho pramene, v němž český překladatel souvětí originálu rozděloval do více vět.

*** Počet slov byl získán z průměrného počtu slov na stranu (každá pátá).

Tab. 2. Průměrný počet slov na straně, slov ve větě a slabik ve slově

Jazyk	Průměrný počet					
	slov na straně		slov ve větě		slabik ve slově	
Č	239,5	246,4*	23,7	28,4*	2,4	2,4*
A	276,6	287,6*	29,5	36,4*	1,9	1,9 ^I
N	–	241,2*	–	33,6*	1,7 ^{II}	2,1*
F	–	263,7*	–	36,3*	–	2,0*
P	–	236,2*	–	29,7*	–	2,4*

* filozofický text, ^I grafická forma (srov. odst. 2.2.), ^{II} fonetická realizace (ibid.)

Tab. 3. Výskyt slov podle slabik

Počet slabik	Průměrný počet <i>n</i> -slabičných slov [%]			
	čeština		angličtina	
1	10,71	12,55*	33,21 ^{II}	30,26* ^I
2	24,56	23,80*	23,86 ^{II}	18,28* ^I
3	27,28	25,50*	23,46 ^{II}	19,55* ^I
4	21,10	17,47*	15,14 ^{II}	16,87* ^I
5	11,39	13,15*	3,26 ^{II}	8,64* ^I
6	3,54	5,11*	0,76 ^{II}	4,08* ^I
7	1,37	2,40*	0,17 ^{II}	2,28* ^I

Počet slabik	Průměrný počet <i>n</i> -slabičných slov [%]					
	němčina		francouzština		polština	
1	–	22,31*	–	24,01*	–	12,23*
2	–	23,38*	–	21,30*	–	25,16*
3	–	22,15*	–	22,90*	–	26,44*
4	–	16,32*	–	16,70*	–	16,69*
5	–	9,68*	–	5,40*	–	12,61*
6	–	4,71*	–	4,91*	–	4,85*
7	–	1,42*	–	4,43*	–	1,95*

* filozofický text, ^I grafická forma, ^{II} fonetická realizace

¹ Při zpracovávání číselných podkladů materiálů tohoto článku spolupracovala Eva dos Reis.

² Problematikou překládání filozofických textů jak z hlediska jazykové typologie, tak stylistických zvyklostí jednotlivých jazyků, se v poslední době zabývá např. Nacherová [1]. V závěru své studie upozorňuje, že „lingvistický rozměr filozofických problémů má své opodstatnění, neboť jako jeden z mnoha aspektů formulace filozofických problémů je právě jazyková stránka při procesu formulace tou nejvýznamnější součástí“.

³ Zde pro úplnost uvádíme, že Patočková stať „Filozofie krize věd podle E. Husserla a jeho koncepce fenomenologie Světa našeho života“ byla původně napsána (a proslavena ve Varšavě r. 1971) francouzsky.

I. Odborná literatura

- [1] Nacherová, S.: Jazyk jako prostředek formulace filozofických problémů. PGS ročníková práce, FF UK, 1994.
- [2] Sgall, P.: Typy jazyků a jejich základní vlastnosti. SaS, 54, 1993, s. 271–277.
- [3] Skalička, V.: Vývoj české deklinace. Praha, Studie Pražského lingv. kroužku. Sv. 4, (vydáno s podporou Českého badatelského fondu při Národní radě badatelské v Praze.), Jednota českých matematiků a fyziků 1941.
- [4] Skalička, V.: Typ češtiny. Praha, Slovanské jazykovědné příručky. Sv. 4, (rejstřík sestavil J. Jungwirth), Slovanské nakladatelství 1951.

II. Dokladová literatura

- [5] Dialogue. (Články: Avoiding the Entropy Trap. Current Issues: Change and Continuity; Pluralism and Fundamentalism in the United States. Feminism, Family and Community. The New Conservatism.) The United States Information Agency Journal, 61, 1983, pp. 16–33.
- [6] Gray, W. – Hofstadter, R. – Olson, K. W.: An Outline of American History. United States Information Agency, b. r. (po r. 1980), pp. 1–52.
- [7] Gray, W. – Hofstadter, R. – Olson, K.W.: Nástin amerických dějin. Velvyslanectví Spojených států amerických, Praha b. r. (po r. 1980), s. 1–52.
- [8] Patočka, J.: Cartesianism and Phenomenology. In: Jan Patočka, Philosophy and Selected Writings. Chicago & London, The University of Chicago Press, 1989, pp. 285–326.
- [9] Patočka, J.: Cartesianismus und Phänomenologie. In: Jan Patočka, Die Bewegung der menschlichen Existenz. Phänomenologische Schriften II, Stuttgart, Ernst Klett Verlag für Wissen und Bildung GmbH 1991, pp. 360–414.
- [10] Patočka, J.: Die Philosophie der Krisis der Wissenschaften nach Edmund Husserl und sein Verständnis einer Phänomenologie der Lebenswelt. In: Jan Patočka, Die Bewegung der menschlichen Existenz. Phänomenologische Schriften II, Stuttgart, Ernst Klett Verlag für Wissen und Bildung GmbH 1991, pp. 310–329.
- [11] Patočka, J.: Edmund Husserl's Philosophy of the Crisis of the Sciences and His Conception of a Phenomenology of the "Life-World". In: Jan Patočka, Philosophy and Selected Writings. Chicago & London, The University of Chicago Press 1989, pp. 223–238.
- [12] Patočka, J.: Filosofie krize věd podle Edmunda Husserla a jeho koncepce fenomenologie „Světa našeho života“. In: Přirozený svět a pohyb lidské existence. Praha, Archivní vydání 3, Samizdat 1980, s. 3.3.2–3.3.21.
- [13] Patočka, J.: Filozofia kryzysu nauki wedlug Edmunda Husserla i jego koncepcja fenomenologii „Świata życia“. In: Jan Patočka, Świat naturalny i fenomenologia. Papierska Akademia Teologiczna, Kraków, Wydział filozoficzny 1987, s. 140–157.
- [14] Patočka, J.: Karteziánství a fenomenologie. Praha, Samizdat 1976, s. 1–38.
- [15] Patočka, J.: La philosophie de la crise des sciences d'après Edmond Husserl et sa conception d'une phénoménologie du „monde de la vie“. In: Archiwum historii, filozofii i myśli społecznej, 18, Warszawa, 1972, s. 3–18.

- [16] SPEKTRUM. (Články: Jak se vyhnout nebezpečí entropie. Nový konzervatismus. Současné problémy: Změna a kontinuita; pluralismus a fundamentalismus ve Spojených státech. Ženské hnutí, rodina a společnost.) Velvyslanectví Spojených států amerických, 43, Praha, 1983, s. 16–33.
- [17] Westwood, J.: The Pictorial History of Railroads. New York, Gallery Books, Smith Publishers Inc. 1988, pp. 8–143.
- [18] Westwood, J.: Železnice – obrazové dějiny. Praha, Columbus 1994, s. 8–143.

Malinovský, M.: Length of Sentences in Czech and English (and in other Languages)

The article deals with differences between typological characteristics of individual languages, particularly in the field of comparison of length of sentences and words in contemporary Czech and English. To illustrate the situation, several other languages have been taken into consideration. The results of the examination are given in Section 3 from which it follows that a Czech sentence has on average fewer words than an English one while Czech words are longer; this is due, among others, to the fact that in English, which is analytic, there are more auxiliary words than in Czech, which is inflexional and does not need them to such an extent.

Malinovský, M.: Die Länge von Sätzen im Tschechischen und Englischen (mit Hinblick auf andere Sprachen)

Mit dem wachsenden Kommunikationsbedürfnis auf dem Gebiet des Bauingenieurwesens und der wachsenden Menge von Übersetzungen von Fachtexten ins Tschechische und aus dem Tschechischen entsteht manchmal das Problem, den geforderten Umfang des zu übersetzenden Textes zu bewahren (z.B. wegen der grafischen Gestaltung). Zu dieser Problematik bringt der Beitrag Ergebnisse des Vergleichs der Länge von Sätzen, Wörtern und Silben im Tschechischen und in ausgewählten europäischen Sprachen, deren Schlussfolgerungen in der fachlichen Übersetzerpraxis genutzt werden können.

• dizertace**Zpracování dat GPS v reálném čase**

Ing. Zdeněk Lukeš

Autor se zabývá využitím technologie GPS při zpracování dat v reálném čase. Přínos je ve vývoji profesionálního softwaru pro systém DGPS s využitím jednofrekvenčního přijímače, který umožňuje kódová i fázová měření.

Stanovení tepelně vlhkostní funkce obvodové konstrukce na bázi vysokohodnotného betonu

*Ing. Zbyšek PAVLÍK, PhD.
Ing. Milena JIŘÍČKOVÁ, PhD.
prof. Ing. Robert ČERNÝ, DrSc.
ČVUT – Fakulta stavební
Praha*

V článku je prezentováno stanovení tepelně vlhkostní funkce betonové konstrukce zateplené vnějším tepelně izolačním systémem na bázi minerální vlny. Experiment je proveden pomocí simulačního a měřicího systému NONSTAT, který představuje mezistupeň mezi laboratorním měřením materiálových parametrů kombinovaných s počítačovou analýzou a měřením přímo na realizované konstrukci či budovách. Konstrukce je během experimentu vystavena působení diferenčního klimatu, kde exteriérová část je zatížena klimatickými podmínkami odpovídajícími zimnímu období. Jsou provedena měření relativní vlhkosti vzduchu, objemové vlhkosti, teploty a kapilárního tlaku. Získané výsledky poskytují podrobný obraz o tepelně vlhkostní funkci konstrukce během typického zimního období.

Úvod

Funkční návrh stavebního díla je v současné době stále se zvyšujících požadavků na pohodu a komfort vnitřního prostoru neodmyslitelně spjat se znalostí tepelné a vlhkostní funkce stavební konstrukce jako celku či jednotlivých materiálů v ní aplikovaných. Toto téma je v poslední době velmi aktuální a je velmi často diskutováno nejen odborníky zabývajícími se stavební fyzikou, ale i samotnými projektanty a architekty, jejichž úkolem je přenést výsledky výzkumu do praxe. Pro stanovení tepelně vlhkostní funkce porézních stavebních materiálů, resp. jejich vícevrstevných systémů, které tvoří základ stavební konstrukce, se v současnosti využívají dva principy.

- První možností je simulace tepelně vlhkostních poměrů pomocí počítačových programů a modelů řešících kombinovaný transport tepla a vlhkosti. Ta je však podmíněna znalostí tepelných a vlhkostních parametrů materiálů v konstrukci aplikovaných, nezbytných jako vstupní data pro počítačovou analýzu. Stanovení materiálových parametrů musí být provedeno přesnými laboratorními metodami, neboť kombinací chyb při jejich určování může dojít k významnému zkreslení výsledků. Je nezbytné si uvědomit, že pro vytvoření odpovídajícího obrazu o tepelně vlhkostní funkci konstrukce v reálných klimatických podmínkách je nezbytné stanovit materiálové parametry nejen v laboratorních podmínkách, ale i v závislosti na teplotě, vlhkosti a relativní vlhkosti vzduchu. Tato měření jsou časově náročná a pro některé typy materiálů velmi obtížně realizovatelná. Nezanedbatelným přínosem počítačových simulací je možnost ověřování vlastností konstrukce v širším časovém horizontu, což je velmi důležité s ohledem na její trvanlivost a životnost.

- Druhým způsobem je monitorování tepelných a vlhkostních polí in-situ, přímo na konstrukci v případě stávajících budov nebo na tzv. testovacích objektech. Tento způsob je všeobecně uznáván jako rozhodující. Návrh nových konstrukcí a technologických řešení by měl být, vzhledem k vysokým nákladům na testovací budovy, realizován až tehdy, jsou-li již podstatně nedostatky odstraněny. Další nedostatek měření in-situ spočívá v menší přesnosti experimentálních metod v porovnání s metodami laboratorními. Při kalibraci senzorů je nutné uvažovat i vliv měnících se klimatických podmínek na měřené veličiny.

V článku je prezentován relativně nový přístup k problematice stanovení tepelně vlhkostní funkce stavebních konstrukcí, který je demonstrován na sledování tepelně vlhkostních poměrů obvodového pláště z vysokohodnotného betonu zatepleného vnějším tepelně izolačním systémem na bázi minerální vlny. Experiment s využitím simulačního a měřicího systému NONSTAT představuje mezistupeň mezi laboratorním měřením materiálových parametrů kombinovaných s počítačovou analýzou a měřením přímo na konstrukci či na testovacích budovách. V rámci experimentu (semi-scale) je testována část konstrukce obvodového pláště o reálné tloušťce vystavená působení diferenčního klimatu (relativní vlhkost vzduchu, teplota) velmi blízkého realitě. Monitorování teploty, relativní vlhkosti vzduchu, kapalně vlhkosti a kapilárního tlaku je zajištěno využitím přesných laboratorních metod. Získané výsledky poskytují podrobný obraz o tepelně vlhkostní funkci konstrukce během typického zimního období a v dalším výzkumu budou využity pro kalibraci a verifikaci vyvíjeného komplexního modelu zabývajícího se životností a trvanlivostí betonových konstrukcí.

Experiment semi-scale

Prezentovaný experiment představuje jakýsi mezistupeň mezi laboratorními postupy, prováděnými na vzorcích s nedostatečně reprezentativními objemy, a měřeními realizovanými přímo na konstrukcích. Měřicí a simulační systém NONSTAT [1] využívá systém klimatických komor pro simulaci podmínek diferenčního klimatu velmi blízkého realitě. Konstrukce, ve které jsou podle požadavků na měřené veličiny umístěny jednotlivé senzory, je umístěna v tunelu o rozměrech 700 × 700 × 900 mm upevněném mezi komorami.

V konstrukci byl monitorován kapilární tlak, relativní vlhkost vzduchu, kapalná vlhkost a teplota. Obsah kapalně vlhkosti a kapilárního tlaku byl monitorován senzory a měřicí aparaturou polské firmy Easy Test metodou TDR s frekvenčním klubkem v rozsahu 50 MHz až 2 GHz. Obsah vlhkosti je stanoven v závislosti na permitivitě, a to na základě změřeného časového intervalu mezi okamžikem vyslání elektromagnetické vlny a okamžikem detekce její odražené vlny na konci senzoru umístěného v konstrukci [2], [3]. Přesnost měření udává výrobce ±2 % v rozsahu

vlhkosti od 0 do 100 %. Kapilární tlak měří minitenzometry s přesností 15 % v rozsahu tlaku 0 až 900 mbar [4]. Pro měření teploty a relativní vlhkosti vzduchu je využita komerčně dostupná aparatura německé firmy Ahlborn. Kapacitní senzory relativní vlhkosti je možné aplikovat při vlhkosti 5–98 % s přesností ± 2 %, teplotní odporové senzory mají přesnost $\pm 0,4$ °C v rozsahu –20 až 0 °C, v rozsahu 0 až 70 °C je přesnost měření teploty $\pm 0,1$ °C. Celý měřicí a simulační systém včetně zadávání dat do klimatických komor v hodinových intervalech je řízen počítačem.

Ověřování konstrukce

Měření probíhalo na fragmentu obvodového pláště z vysokohodnotného betonu třídy C 90/105 o tloušťce 200 mm, připraveného v laboratoři z betonové směsi s vodním součinitelem 0,36 s přidáním vodní suspenze SiO₂, plastifikátoru Woerment FM 797 a přísady Lentan VZ 33 zpomalující průběh hydratace cementu. Ve druhé části experimentu byl vzorek zateplen vnějším systémem sestávajícím z vrstvy cementového tmelu o tloušťce 3–5 mm pro fixaci tepelně izolační desky, tepelné izolace INROCK h na bázi minerální vlny firmy Rockwool tloušťky 80 mm a vnější cementové omítky KAM firmy Sakret tloušťky 5–10 mm, která byla vyztužena plastovou sítí (tab. 1). Zároveň s výrobou betonové konstrukce byly vyrobeny vzorky pro normové zkoušky stanovení pevnosti, které potvrdily pevnostní třídu betonu.

Jednotlivé materiály byly nejprve ověřeny v laboratorních

Tab. 1. Složení vysokohodnotného betonu

Materiál	[kg/m ³]	
CEM I 52,5 R, Hranice	480,00	
suspenze SiO ₂	72,00	
kamenivo	0–4	664,00
	4–8	207,00
	8–16	995,00
plastifikátor Woerment FM 794	7,74	
inhibitor Lentan	2,58	
záměšová voda	172,80	

Tab. 2. Základní fyzikální a tepelné vlastnosti materiálů

Materiál	Objemová hmotnost	Hustota matrice	Otevřená pórovitost	Součinitel tepelné vodivosti	Měrná tepelná kapacita
	ρ	ρ_{mat}	ψ	λ	C
	[kg/m ³]		[%]	[w/mk]	[j/kgk]
HPC C 90/105	2 420	2 760	12,2	1,630	800
INROCK h	285	1 950	85,2	0,043	270
KAM	1 320	–	46,8	0,324	–

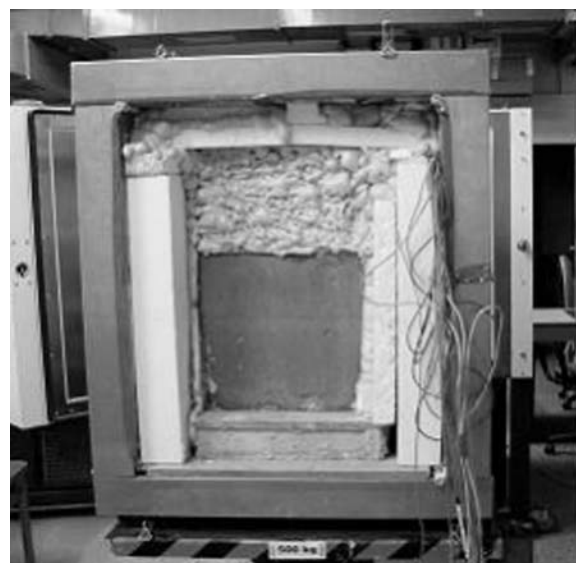
Tab. 3. Vlhkostní vlastnosti materiálů

Materiál	Součinitel difúze vodní páry	Faktor difúzního odporu	Saturovaný obsah vlhkosti	Součinitel vlhkostní vodivosti
	D	μ	$w_{s at}$	κ
	[m ² /s]	[–]	[kg/m ³]	[m ² /s]
HPC C90/105	1,06E-06	22,5	122	8,90E-10
INROCK h	1,37E-05	1,8	963	1,22E-06
KAM	1,93E-06	11,9	468	1,43E-09

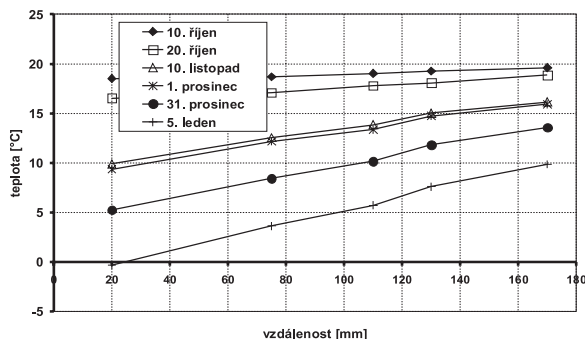
podmínkách, kde pro usnadnění interpretace získaných výsledků a pochopení mechanismu transportu tepla a vlhkosti v konstrukci byly stanoveny jejich tepelné a vlhkostní parametry. V tabulkách 2 a 3 uvádíme pouze několik materiálových parametrů, podrobně se s nimi může



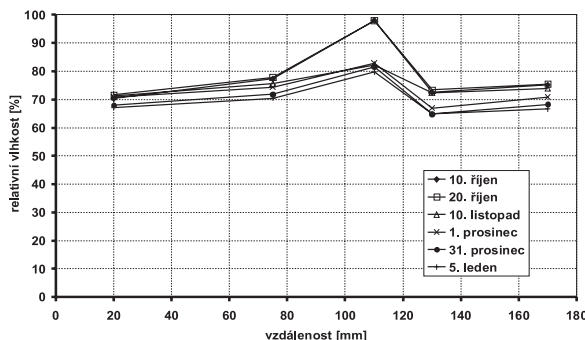
Obr. 1. Umístění senzorů v tepelně izolačním systému



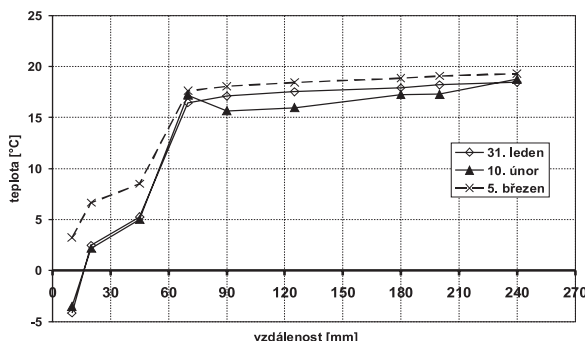
Obr. 2. Izolovaný vzorek ve spojovacím tunelu



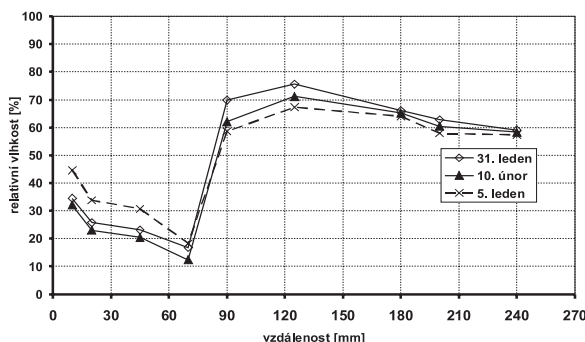
Obr. 3. Průběh teploty v nezateplené konstrukci



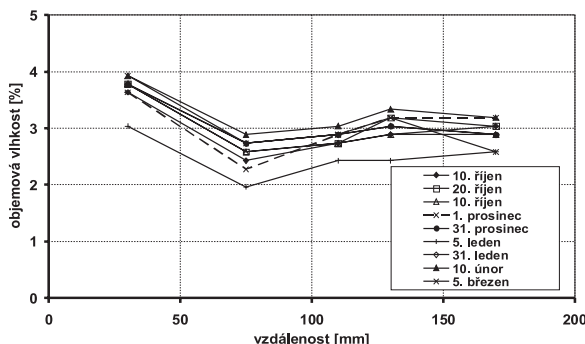
Obr. 4. Průběh relativní vlhkosti v nezateplené konstrukci



Obr. 5. Průběh teploty v zateplené konstrukci



Obr. 6. Průběh relativní vlhkosti v zateplené konstrukci



Obr. 7. Průběh objemové vlhkosti v konstrukci

čtenář seznámit v pracích [5], [6], kde je prezentován způsob stanovení materiálových parametrů nejen v laboratorních podmínkách, ale i v závislosti na teplotě a vlhkosti, a jsou uvedeny jak jejich základní fyzikální a transportní vlastnosti, tak i vlastnosti akumulační.

Technologie měření

Měření předcházela kalibrace senzorů a příprava vzorku konstrukce. Kalibraci bylo nezbytné provést pouze u senzorů pro stanovení obsahu vlhkosti, a to pomocí měření ve vodě a benzenu, kde jsme ze známé relativní permitivity a změřených časových intervalů určili délku jednotlivých senzorů [7]. Pro stanovení obsahu vlhkosti ze změřené relativní permitivity byla použita Malického konverzní funkce získaná na základě empirické kalibrace [8]. Senzory pro měření relativní vlhkosti a teploty jsou kalibrovány výrobcem, ověřili jsme pouze jejich funkčnost měřením v exsikátorech s roztoky solí simulujícími specifickou relativní vlhkost. Funkčnost teplotních senzorů byla ověřena pomocí termočláneků.

Umístění senzorů do betonové konstrukce bylo voleno s přihlédnutím k případným oblastem kondenzace, kompletní znalosti teplotních a vlhkostních polí a následně možnosti využití výsledků pro kalibraci a verifikaci počítačového modelu. Pro zajištění kontaktu s materiálem bez vzniku vzduchové mezery, která by výrazně ovlivnila přesnost měření, byly do konstrukce umístěny již během odlévání vzorku do formy. Senzory pro monitorování kapilárního tlaku, teploty a relativní vlhkosti vzduchu byly umístěny do otvorů a utěsněny silikonovým tmelem. Strany betonové konstrukce, u nichž bylo nezbytné zamezit pronikání vodní páry z důvodu simulace jednorozměrného transportu vlhkosti, byly opatřeny třemi vrstvami penetračního nátěru. Poté byla umístěna do tunelu a tam tepelně a vlhkostně izolována (obr. 1, obr. 2).

Měření probíhalo nejprve na neizolované betonové konstrukci, která byla po výrobě ponechána volně v laboratoři po 40 dní. Za působení diferenčního klimatu byla na straně interiéru simulována konstantní teplota a relativní vlhkost odpovídající návrhovým hodnotám pro obytné budovy (teplota 21 °C, relativní vlhkost 50 %), na straně interiéru byla provedena simulace hodinových klimatických dat korespondujících s reálným referenčním rokem pro Prahu poskytnutým Českým hydrometeorologickým ústavem. Klimatické zatěžování bylo započato daty pro 1. říjen a ukončeno daty odpovídajícími 18. lednu. Poté byl systém klimatických komor rozpojen a aplikován vnější tepelně izolační systém. Izolovaná konstrukce byla tepelně a vlhkostně zatížena daty od 20. ledna do 3. března. Během experimentu byla tedy vystavena klimatickým podmínkám odpovídajícím celému zimnímu období, což je z hlediska funkčnosti stavební konstrukce nejkritičtější část roku.

Výsledky a diskuze

Naměřené profily teploty, objemové vlhkosti a relativní vlhkosti vzduchu v jednotlivých časových intervalech klimatického zatěžování, a to jak pro neizolovanou konstrukci, tak i pro konstrukci s aplikovaným tepelně izolačním systémem, jsou prezentovány na obr. 3 až obr. 7. Výsledky měření kapilárního tlaku neuvádíme, neboť získaná data byla mimo rozsah měření použitých senzorů, tj. vyšší než 900 mbar.

Na základě naměřených polí teploty, objemové vlhkosti a relativní vlhkosti vzduchu jsme získali podrobný obraz o tepelně vlhkostní funkci konstrukce během zimního

období. Tuto funkci izolované konstrukce můžeme považovat za vyhovující, neboť nedošlo k výskytu větší než hygroskopické vlhkosti v tepelné izolaci, což by mohlo nepříznivě ovlivnit její tepelně izolační funkci. Vyšší hodnoty relativní vlhkosti byly pozorovány pouze u neizolované konstrukce. Tato vlhkost vznikla patrně v důsledku toho, že jsme zatížili nepříznivými klimatickými podmínkami relativně čerstvě odlitou betonovou konstrukci s vysokým obsahem plynné vlhkosti, která z kondenzovala. Její obsah však nebyl příliš vysoký, o čemž svědčí i fakt, že hodnoty kapilárních tlaků byly ve všech případech vyšší než 900 mbar. Kromě toho se postupně konstrukce vysoušela (obr. 3). Po aplikaci tepelně izolačního systému nastal výrazný posun teplot v oblasti betonové konstrukce a teplota se téměř ustálila na konstantní hodnotě 19 °C. Docházelo i k dalšímu vysoušení konstrukce (obr. 6). Vlivem zateplení jsme tedy dále omezili možnost kondenzace uvnitř betonové konstrukce či na vnitřním povrchu stěny. Výrazně se oteplil i vnitřní povrch konstrukce, což je důležité zejména pro vnitřní tepelnou pohodu uživatelů a snížení nákladů na vytápění.

Závěr

Experimentem byla prokázána další možnost, jak přistoupit ke stanovení tepelně vlhkostní funkce stávajících či nově navrhovaných budov či stavebních materiálů. Předností jsou zejména relativně nízké náklady na jeho realizaci na dostatečně velkém objemu konstrukce reálné tloušťky. Výhodou je také využití přesných laboratorních metod, jejichž použití je při měření in-situ limitované.

Tento typ experimentů usnadní kalibraci počítačových modelů řešících kombinovaný transport tepla a vlhkosti, což je jistě velkým přínosem. Pomocí inverzního modelování bude možné stanovit parametry, které se jinak měřit nedají, např. přechodové odpory přenosu tepla a vlhkosti mezi jednotlivými vrstvami materiálů či povrchové přechodové parametry, jejichž znalost je pro počítačové modelování nezbytná. Po kalibraci modelů bude poté možné vyšetřovat tepelné a vlhkostní poměry konstrukcí v širším časovém horizontu, což umožní simulaci urychlovacích experimentů stárnutí.

Článek vznikl za podpory projektů č. 103/03/1350 a č. 106/04/0138 GA ČR.

Literatura

- [1] Pavlík, Z. – Pavlík, J. – Jiříčková, M. – Černý, R.: System for Testing the Hygrothermal Performance of Multi-Layered Building Envelopes. In: Journal of Thermal Envelope and Building Science, 3/2002, Vol. 25, pp. 239–249.
- [2] Plagge, R. – Roth, C. H. – Renger, M.: Dielectric Soil Water Content Determination Using Time-Domain Reflectometry (TDR). In: A. Kraszewski (ed.), Proc. of Second Workshop on Electromagnetic Wave Interaction with Water and Moist Substances at the 1996. IEEE Microwave Theory and Techniques Society International Microwave Symposium in San Francisco, pp. 59–62.
- [3] Plagge, R. – Grunewald, J. – Häupl, P.: Application of Time Domain Reflectometry to Determine Water Content and Electrical Conductivity of Capillary Porous Media. Proceedings of the 5th Symposium of Building Physics in the Nordic Countries, C. E. Hagetoft, P. I. Sandberg (eds.). (Göteborg: Vasastaden AB), 1999, pp. 337–344.
- [4] Easy Test – Soil Water Monitoring Device brochure, Easy Test Ltd., Lublin, 2000.
- [5] Jiříčková, M. – Mňahončáková, E. – Černý, R.: Effect of Aggregates on Moisture Transport Parameters of High Performance Concrete, Proceedings of the International Conference Life Cycle Assessment, Behaviour and Properties of Concrete and Concrete Structures, Brno: Technical University in Brno, Faculty of Civil Engineering, 2004, pp. 154–159.
- [6] Jiříčková, M. – Černý, R.: Hygric and Thermal Properties of Capillary Active Rock Wool Thermal Insulation. Proceedings of the 6th Symposium on Building Physics in the Nordic Countries, Trondheim: Norwegian University of Science and Technology, 2002, Vol. 1, pp. 461–468.
- [7] Pavlík, Z. – Jiříčková, M. – Černý, R.: Determination of Moisture Profiles in Concrete Using The TDR Method. Proceedings of the International Conference Life Cycle Assessment, Behaviour and Properties of Concrete and Concrete Structures, Brno: Technical University in Brno, Faculty of Civil Engineering, 2004, pp. 328–333.
- [8] Malicki, M. A. – Plagge, R. – Roth, C. H.: Improving the Calibration of Dielectric TDR Soli Moisture Determination Taking into Account the Solid Soil. European Journal of Soil Science, 1996, 47, pp. 357–366.

Pavlík, Z. – Jiříčková, M. – Černý, R.: Assessment of Hygrothermal Performance of a Building Envelope on the Basis of High Performance Concrete

Hygrothermal performance of a concrete structure provided with an exterior thermal insulation system on mineral wool basis is determined in this paper. The experiment is performed on the basis of the NONSTAT simulating and measuring system which can be considered as a halfway step between laboratory measurement of material parameters combined with computational analysis and measurements made directly on the erected structure or test houses. During the experiment, the structure is exposed to different climatic conditions where the exterior side is loaded by climatic conditions corresponding to the winter period. In the studied structure, measurements of temperature, moisture content, relative humidity and capillary pressure are performed. The measured results give detailed evidence about hygrothermal function of the studied structure during a typical winter period.

Pavlík, Z. – Jiříčková, M. – Černý, R.: Bestimmung der wärme- und feuchtigkeitstechnischen Funktion einer Außenwandkonstruktion auf Basis hochwertiger Betons

Im Artikel wird die Bestimmung der wärmetechnischen Funktion einer mit einem äußeren Wärmedämmsystem auf Basis von Mineralwolle versehenen Betonkonstruktion vorgestellt. Das Experiment wird mit Hilfe des Simulations- und Messsystems NONSTAT durchgeführt, das eine Zwischenstufe zwischen einer Labor-messung der Materialparameter kombiniert mit einer Computeranalyse und einer Messung direkt an der realisierten Konstruktion bzw. an den zu prüfenden Gebäuden darstellt. Die Konstruktion wird im Laufe des Versuchs der Einwirkung eines differenzierten Klimas ausgesetzt, wobei der äußere Teil der Konstruktion durch klimatische Bedingungen belastet wird, die der Winterperiode entsprechen. Innerhalb der Konstruktion werden Messungen der relativen Luftfeuchtigkeit, des volumenbezogenen Feuchtegehalts, der Temperatur und des Kapillardrucks vorgenommen. Die erhaltenen Ergebnisse vermitteln ein ausführliches Bild über die wärme- und feuchtigkeitstechnische Funktion der Konstruktion im Laufe einer typischen Winterperiode.

• výročí

Český svaz vědeckotechnických společností

Při příležitosti 15. výročí svého založení uspořádal Český svaz vědeckotechnických společností v dubnu odbornou konferenci „Znalosti – lidské zdroje – konkurenceschopnost“ s cílem zhodnotit aktivity za uplynulé období a vytyčit nové směry k naplnění svého poslání v nejbližších letech.



Ohledně změny politického klimatu v listopadu 1989, kdy se razantně zlepšily podmínky pro rozvoj nezávislého spolkového života v mnoha podobách, začaly přípravné práce na budování nově pojaté nezávislé organizace, která by mohla navázat na odborné činnosti své předchůdkyně. V březnu 1990 byly založeny Český svaz vědeckotechnických společností a Svaz slovenských vědeckotechnických společností, které se staly právními nástupci zaniklé Československé vědeckotechnické společnosti.

První předsedkyní byla Ing. Květoslava Kořínková, CSc., která tuto funkci zastávala po dvě dvouletá – pro stabilizaci svazu nejdůležitější – období. V letech 1994–1998 byl zvolen předsedou doc. Ing. Zdeněk Trojan, CSc. V této době byla podána žádost o přijetí do Evropské federace národních inženýrských asociací (FEANI) jako prestižní profesní organizace úzce spolupracující s orgány Evropské komise. Na jaře 1995 prověřili členové Evropské monitorovací komise FEANI úroveň výuky na českých technických vysokých školách a na základě jejich kladného vyjádření byla na Valné hromadě FEANI v září 1995 Česká republika přijata jako 27. člen federace. Toto přijetí je možno chápat jako ocenění kvality české technické komunity i úrovně našich technických univerzit. Členství v Evropské federaci dává možnost absolventům českých vysokých škol (s minimálně dvouletou odbornou praxí) žádat o titul evropský inženýr, který garantuje odborné znalosti nositelů a usnadňuje jejich migraci v rámci členských států. V roce 1998 byl zvolen předsedou Ing. Daniel Hanus, CSc., a tuto funkci vykonával do roku 2004. Svaz již byl transformován na zastřešující organizaci členských společností a spolupracoval s některými institucemi státní správy a obdobně zaměřenými odbor-

nými nevládními organizacemi. V současné době je předsedou prof. Ing. Jiří Pavelka, DrSc.

V dlouhodobějším horizontu se vedení ČSVTS zaměřuje na problematiku celoživotního vzdělávání, zapojování do evropských struktur, zvyšování prestiže inženýrských povolání v ČR a ocenění jejich práce pro technický pokrok apod. Pokračuje v úsilí stát se významnou vědeckotechnickou institucí, která je svým interdisciplinárním charakterem schopna se kvalifikovaně vyjadřovat k obecným technickým i celospolečenským problémům. Vytváří také mezinárodní aktivity, zejména v Evropě, prostřednictvím Evropské federace národních inženýrských asociací a je členem Světové federace inženýrských organizací. Kromě toho má uzavřeny dvoustranné smlouvy o spolupráci, např. s Německým svazem inženýrů, Svazem portugalských inženýrů, Čínskou asociací vědeckotechnických společností. Nadále spolupracuje se Svazem slovenských vědeckotechnických společností.

V současnosti má 68 členských společností různého charakteru a velikosti, které se věnují zejména oblasti celoživotního vzdělávání. V průběhu let uspořádaly stovky kurzů, seminářů, konferencí či výstav, vydaly řadu odborných materiálů. Aktivně se zapojily do mezinárodního života, 26 z nich je již řádným členem některé oborově příslušné mezinárodní organizace. Tato členství přináší českým odborníkům nejnovější informace o trendech v konkrétních oborech, poskytují kontakty, možnost přímého zapojení do činnosti renomovaných mezinárodních společenství a příležitost prezentovat práci a úspěchy českých odborníků.

Evropská federace národních inženýrských asociací (FEANI) byla založena v roce 1951, sídlí v Bruselu a nyní má 28 členů. Evropská monitorovací komise, která je jejím orgánem, sleduje vzdělávací systémy inženýrů v jednotlivých členských státech a provádí akreditaci vysokých škol podle stanovených pravidel. Akreditované vysoké školy a ověřené technické studijní obory jsou uvedeny v „Indexu FEANI“. Komise schvaluje také udělování titulu evropský inženýr, v současné době jich je již více než 28 tisíc. V rámci federace posuzuje Komise pro celoživotní profesní rozvoj zajištění celoživotního vzdělávání v rámci členských zemí a dává vedení federace doporučení pro možná zlepšení situace. Jako významná mezinárodní organizace pořádá FEANI každoročně valnou hromadu v některé z členských zemí, pro rok 2006 bylo rozhodnuto toto zasedání uspořádat v Praze, což je významným oceněním činnosti Českého národního výboru i úrovně našeho vzdělávacího systému.

Žadatel o titul EUR ING musí být absolventem studia na některé z akreditovaných technických vysokých škol, zakončeného státní zkouškou s přiznáním vysokoškolského titulu „inženýr“. Zatím má Česká republika akreditováno 27 fakult v rámci devíti vysokých škol. Vyžaduje se nejméně dvouletá odborná praxe technického charakteru a pětiletý studijní obor. Žádosti českých absolventů projednává a doporučuje k přijetí Česká monitorovací komise, jejímiž členy jsou rektory jmenovaní zástupci našich vysokých škol, představitelé vládních institucí, odborníci z průmyslu atd.

Tisková informace

• zprávy

System řízení PRO MANAGEMENT

V loňském roce dosáhla hodnota stavebních prací v České republice téměř 400 mld. Kč, což je nejvíce za posledních jedenáct let. Domácí stavební firmy mají do roku 2015 celkovou zásobu prací nejméně za 3,2 bil. Kč. Počet stavebních firem a organizací, které se přitom opírají o odpovídající softwarovou a informační podporu neustále roste. Mezi největší dodavatele těchto systémů patří u nás společnost RTS, a. s., která na letošním Mezinárodním stavebním veletrhu IBF získala Zlatou medaili za nový prvek systému PRO MANAGEMENT „Řízení stavebních zakázek“.

Systém PRO MANAGEMENT poskytuje prostřednictvím propojení svých softwarových a informačních prvků možnost časového plánování stavebního díla, seskupování položek kalkulací do jednotlivých etap a porovnávání plánované a skutečné spotřeby zdrojů. V rámci tohoto komplexního systému dodává RTS svým zákazníkům databáze aktuálních cen stavebních prací a vytváří cenové položky, které odrážejí technologické změny v oboru. Odstraněním neproduktivních činností může systém stavební firmě ušetřit až 15 % administrativních nákladů. Softwarové nástroje propojují jednotlivé činnosti stavebních firem, a tím přispívají k jejich optimálnímu řízení.

Vzhledem k tomu, že domácí stavební firmy začínají klást větší důraz na přípravu staveb, zejména ve fázi dokumentace, a dále na komplexnost sestavení zadávacích podkladů a elektronizaci celého procesu nabídky a poptávky a průběžné sledování stavu realizovaných zakázek včetně jejich vyhodnocení, dá se předpokládat, že poroste poptávka i po dalších produktech firmy:

- **INFOpower – ERP** je systém určený pro větší stavební společnosti. Stanovuje pro ně optimální vnitřní strukturu včetně několika stupňů řízení;
- **BUILDpower** je kalkulační stavební systém, jenž slouží pro tvorbu cen stavebních děl. Zároveň stanovuje orientační ceny na základě objemu měrných jednotek;
- **RTS Stavitel** je ucelený systém s aktuálními sborníky cen stavebních prací, rozpočty, harmonogramy a možnostmi fakturace;
- **x:tender**, který získal Zlatou medaili na IBF 2002, nabízí zadavatelům přehlednější a zjednodušené evidenci soutěží, správu a tvorbu dokumentů nezbytných pro průběh řízení.

Databáze České stavební standardy, kterou společnost RTS spravuje, zahrnuje například Katalog staveb a objektů, který lze třídit podle vybraných kritérií, dále pak Slovník stavebních pojmů, Vzory smluv, Ceny ve stavebnictví, Zákony a vyhlášky a Instituce a úřady (www.stavebnistandardy.cz). Databáze je určena především odborné veřejnosti.

Společnost RTS podporuje veškeré procesy spojené s přípravou a realizací stavebních projektů. Klienty jsou zejména stavební dodavatelé, projekční kanceláře a veřejná a státní správa. Vedle toho organizuje veřejné soutěže pro oblast stavebnictví, především pro krajské, obecní či městské úřady a organizace zřizované orgány státní správy a pořádá odborné vzdělávací kurzy, semináře a školení. Kromě softwaru pro stavební firmy a projekční kanceláře je dodavatelem systémů i pro další společnosti a organizace (PPF majetková, Jihomoravská energetika, Severočeská plynárenská, Středočeská plynárenská, Ministerstvo vnitra ČR atd.).

• dizertace



Vlastnosti oceli S355J2G3 z hlediska křehkého lomu

Ing. Aleš Lubas

Práce se zabývá hodnocením výsledků statické a dynamické lomové houževnatosti dosažených pro uvedenou ocel s tupým svarem tl. 40 mm. Z experimentálně zjištěných hodnot byla vypočítána kritická napětí vztažená k počáteční délce trhliny. Byly definovány korelační vztahy mezi lomovou houževnatostí a vrubovou houževnatostí a byl získán názor na chování této velmi používané oceli v mostní konstrukci.

Modelování vnitřního prostředí v sálavě vytápěných objektech

Ing. Zuzana Veverková

Těžiště dizertace je v analýze sálavého vytápění. Staticky i dynamicky se simuluje energetické chování a ověřuje se vlastním experimentem. Dále je vyřešena konstrukce zrcadel tmavých zářičů a je vztažena k jejich účinnosti. Výsledky jsou přímo aplikovatelné v praxi.

Management projektů jako nástroj řízení

Ing. Jaroslava Tománková

Práce se věnuje aplikaci řídicích momentů na rozsáhlé projekty se zaměřením na dynamiku výrobních i řídicích procesů. Je zapracována otázka rizik a užití simulačních metod. Výsledky jsou využity ve výuce na vysoké škole.

Programový systém WinKart

Ing. Tomáš Bayer

V práci se vyvíjí software WinKart pro navrhování a analýzu obrazu geodetických sítí používaných v kartografické tvorbě. Kompozice mapy malého měřítka vyžaduje zkoumat obraz a hodnoty zkraslení v závislosti na obrysech zájmového území. Software tento požadavek velmi dobře splňuje.

Využití redukce prostorových dat pro urychlení tvorby gridů a výpočtu dlouhodobé ztráty půdy

Ing. Jan Votruba

Autor se zabývá rozbořením datových struktur modelujících spojitě se měnící prostorová data (gridy). Zkoumá vliv redukce dat na jednotlivé interpolační metody. Hlavním cílem je návrh efektivního způsobu výpočtu dlouhodobé ztráty půdy právě s využitím gridů.

STAVEBNÍ OBZOR

RO NÍK 14 ÍSLO 07/2005

Navigace v dokumentu

OBSAH

Teplý, B. Mezní stavy v era, dnes a zítra	193
Priganc, S. – Alarashi, A. – Fecko, L. Uhlíkové vlákna CFRP v betónových nosných prvko	197
Vávra, R. Sálavé vlastnosti povrchových vrstev stavebních konstrukcí	202
Ficker, T. – N mec, P. Fraktální geometrie II – Fraktalita cementových gel	208
Fuhrland, M. – Möser, M. Úhlová zrcadla Argus Eye pro totální stanice – nové možnosti m ení v architektu e	214
Kuda, F. – Návrat, V. – Wittichová, Š. Integrovaný dopravní systém Olomouckého kraje	218
Janošíková, A. – ápová, D. Sestavování propo tových ukazatel pro rekonstrukce staveb k bydlení	222

7 • 2005

ročník 14

STAVEBNÍ OBZOR

pozemní stavby
dopravní stavby
vodohospodářské stavby
geotechnika
konstrukce a materiály
technologie
životní prostředí
geodézie a kartografie
mechanizace
informatika
ekonomika
software



Fakulta stavební
ČVUT v Praze



Česká komora autorizovaných
inženýrů a techniků



Český svaz
stavebních inženýrů



Fakulta stavební
VUT v Brně



Fakulta stavební
VŠB TU-Ostrava

OBSAH

Teplý, B.	
Mezní stavy včera, dnes a zítra	193
Priganc, S. – Alarashi, A. – – Fecko, L.	
Uhlíkové vlákna CFRP v betónových nosných prvko	197
Vávra, R.	
Sálavé vlastnosti povrchových vrstev stavebních konstrukcí	202
Ficker, T. – Němec, P.	
Fraktální geometrie II – Fraktalita cementových gelů	208
Fuhrland, M. – Möser, M.	
Úhlová zrcadla Argus Eye pro totální stanice – nové možnosti měření v architektuře	214
Kuda, F. – Návrat, V. – – Wittichová, Š.	
Integrovaný dopravní systém Olomouckého kraje	218
Janošíková, A. – Čápová, D.	
Sestavování propočtových ukazatelů pro rekonstrukce staveb k bydlení	222

CONTENTS

Teplý, B.	
Limit State Method of Yesterday, Today and Tomorrow	193
Priganc, S. – Alarashi, A. – – Fecko, L.	
CFRP Carbon Fibres in Structural Concrete Elements	197
Vávra, R.	
Radiant Characteristics of Surface Layers of Building Constructions	202
Ficker, T. – Němec, P.	
Fractal Geometry II – Fractality of Cement Gels	208
Fuhrland, M. – Möser, M.	
Angular Mirrors Argus Eye for Total Stations – New Possibilities of Measurements in Architecture	214
Kuda, F. – Návrat, V. – – Wittichová, Š.	
Integrated Transportation System of the Olomouc Region	218
Janošíková, A. – Čápová, D.	
Compilation of Costing Indicators for Reconstruction of Residential Buildings	222

INHALT

Teplý, B.	
Grenzzustände gestern, heute und morgen	193
Priganc, S. – Alarashi, A. – – Fecko, L.	
CFK – Fasern in tragenden Betonteilen	197
Vávra, R.	
Die Strahlungseigenschaften der Oberflächenschichten von Bauteilen	202
Ficker, T. – Němec, P.	
Fraktale Geometrie II – Fraktalität von Zementgelen	208
Fuhrland, M. – Möser, M.	
Winkelspiegel Argus Eye für Totalstationen – neue Möglichkeiten für Messungen in der Architektur	214
Kuda, F. – Návrat, V. – – Wittichová, Š.	
Integriertes Verkehrssystem des Kreises Olomouc	218
Janošíková, A. – Čápová, D.	
Zusammenstellung von Kalkulationskennziffern für die Erneuerung von Wohnungsbauten	222

REDAKČNÍ RADA**Předseda:**

prof. Ing. Jiří STUDNIČKA, DrSc.

Místopředseda:

doc. Ing. Alois MATERNA, CSc.

Členové:

Ing. Miroslav BAJER, CSc.

doc. Ing. Pavel HÁNEK, CSc.

Ing. Jiří HIRŠ, CSc.

doc. Ing. Vladimír JELÍNEK, CSc.

Ing. Jana KORYTÁROVÁ, PhD.

Ing. Karel KUBEČKA

Ing. Petr KUNEŠ, CSc.

doc. Ing. Ladislav LAMBOJ, CSc.

doc. Ing. Ivan MOUDRÝ, CSc.

doc. Ing. Jaroslav NOVÁK, CSc.

doc. Ing. Luděk NOVÁK, CSc.

doc. Ing. Miloslav PAVLÍK, CSc.

prof. Ing. J. PROCHÁZKA, CSc.

Ing. Vlastimil ROJÍK

Ing. Karel SVOBODA

doc. Dr. Ing. Miloslav ŠLEZINGR

Ing. Ludvík VÉBR, CSc.

doc. Ing. Josef VITÁSEK, CSc.

prof. Ing. Jiří WITZANY, DrSc.

Ing. Renata ZDAŘILOVÁ

STAVEBNÍ OBZOR, odborný měsíčník, vydává Fakulta stavební ČVUT Praha společně s Fakultou stavební VUT Brno, Fakultou stavební VŠB TU Ostrava, Českou komorou autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě a Českým svazem stavebních inženýrů. Řídí redakční rada, vedoucí redaktorka Marcela Klímová. Adresa redakce: Thákurova 7, 166 29 Praha 6, tel./fax: 224 354 596, klimova@fsv.cvut.cz, http://web.fsv.cvut.cz/obzor. Vychází každý měsíc kromě července a srpna, cena za výtisk je 40 Kč včetně DPH (+ poštovné a balné). Objednávky odběru i reklamace přijímá Ing. Milan Gattringer, MG DTP, Borovanská 3388, 143 00 Praha 4, tel./fax: 241 770 220, e-mail: mgdtp@volny.cz. Odběr je možné zrušit až po vyčerpání zaplaceného předplatného. Inzerce adresujte redakci. Technická redakce a realizace: Ing. Milan Gattringer. Podávání novinových zásilek povoleno Ředitelstvím pošt Praha, č. j. NP 144/1994, ze dne 21. 10. 1994. Do sazby 15. 8. 2005. Nevyžádané rukopisy se nevracejí.

INDEX 47 755, ISSN 1210-4027

Mezní stavy včera, dnes a zítra

prof. Ing. Břetislav TEPLÝ, CSc.
VUT – Fakulta stavební
Brno

Jsou uvedeny základní informace o vzniku a současném stavu používání metody mezních stavů pro navrhování nosných konstrukcí. Dále je podrobněji pojednána problematika diferenciací míry spolehlivosti, mezních stavů souvisejících s životností konstrukce, ekonomické důsledky a volba či požadavky zadavatele při aplikaci mezních stavů použitelnosti.

působením prostředí, provozem apod.), je také míra spolehlivosti v čase proměnná, tj. místo (2) píšeme přesněji

$$\beta(t) \geq \beta_d \text{ nebo } P_f(t) \leq P_{fd}. \quad (3)$$

Poznamenejme ještě, že místo zobecněného indexu spolehlivosti (1) se často používá jen elementární (Cornellův) index spolehlivosti, který představuje případy, kdy rezerva spolehlivosti má normální rozdělení a hodnota tohoto indexu je pak jednoduše podílem střední hodnoty μ_Z a směrodatné odchylky σ_Z rezervy spolehlivosti Z

$$\beta = \mu_Z / \sigma_Z. \quad (4)$$

Něco z historie mezních stavů

U každé konstrukce, ať již nově navrhované, či existující konstrukce posuzované, je nutno prokázat dostatečnou bezpečnost. V minulosti se k tomuto účelu užívaly různé postupy: od inženýrského citu a zkušenosti přes dovolená namáhání a stupeň bezpečnosti až k mezním stavům.

Základy teorie mezních stavů (MS) byly položeny již v roce 1926 M. Mayerem, ale teprve až v padesátých letech minulého století začaly být včleňovány do norem – u nás mj. zásluhou K. Hrubana. Historii těchto snah v Evropě a RVHP velmi zasvěceně a poutavě popisuje M. Tichý v článku [1].

Zatímco předchozí metody byly deterministické, mezní stavy již zavádějí pravděpodobnostní postupy. Dosažení mezního stavu (obecně hovoříme o vzniku poruchy) nelze absolutně vyloučit (z technických i ekonomických důvodů), a proto se konstrukce snažíme navrhovat tak, aby pravděpodobnost P_f vzniku poruchy byla velmi malá. Míru spolehlivosti pak udává tato pravděpodobnost, ale je nutno si uvědomit, že skutečnou hodnotu pravděpodobnosti P_f nejsme schopni zjistit; pracujeme proto jen s její teoretickou hodnotou, potřebnou pro srovnávání a rozhodování. V praxi se častěji – pro větší názornost – jako ukazatel spolehlivosti používá zobecněný **index spolehlivosti β** . Ten je definován na základě pravděpodobnosti poruchy P_f vztahem

$$\beta = -\Phi^{-1}(P_f), \quad (1)$$

kde Φ označuje distribuční funkci normovaného normálního rozdělení. Oba tyto ukazatele spolehlivosti P_f i β jsou tedy ekvivalentní a jsou vztahovány vždy k jisté **referenční době**, tj. k časovému úseku, ve kterém má být daná míra spolehlivosti zachována. Konstrukce se považuje za spolehlivou, jestliže je splněna nerovnost

$$\beta \geq \beta_d \text{ nebo } P \leq P_{fd}, \quad (2)$$

kde β_d a P_{fd} jsou návrhové hodnoty. Protože řada veličin podílejících se na velikosti pravděpodobnosti poruchy doznává v průběhu času více či méně výrazné změny (např.

Současný stav

Spolehlivost je bezesporu dominantním požadavkem, který na nosnou konstrukci klademe. Současné zásady navrhování stavebních konstrukcí obsažené v normách [2], [3], [4] vycházejí z principu **mezních stavů** a pravděpodobnostního modelování nejistot zatížení, působení prostředí, odolnosti materiálu a nejistot ve výstižnosti výpočetních modelů. Mezní stavy jsou tedy dnes součástí norem a doporučení pro navrhování stavebních konstrukcí ve většině zemí; v nedávné době se však začalo diskutovat o nových (některých spíše staronových) okolnostech. Patří k nim:

- diferenciací míry spolehlivosti,
- mezní stavy související s životností,
- ekonomické důsledky,
- volba či požadavky klienta,
- spolehlivost, životnost a průkaz shody.

■ Míra spolehlivosti

Navrhování nosných stavebních konstrukcí se podle mezinárodních a také dosud používaných českých norem opírá o polopravděpodobnostní metodu dílčích součinitelů spolehlivosti s využitím metody návrhových hodnot (metoda I. úrovně) a ověřováním mezních stavů. Pozornosti projektantů (ale i investorů!) přitom uniká, že konkrétní úroveň spolehlivosti obvykle nebývá přímo projektantem udávána – při běžných postupech podle současných dokumentů se totiž míra spolehlivosti explicitně nestanovuje, ověřuje se jen splnění či nesplnění příslušných podmínek mezních stavů, a to často jen na úrovni průřezů konstrukčních prvků. Spolehlivost je zde (zjednodušeně řečeno) obsažena v charakteristických hodnotách veličin popisujících zatížení a konstrukci a v hodnotách příslušných dílčích součinitelů udávaných v předpisech; diferenciací spolehlivosti není pro inženýra dostatečně transparentní a vlastně ani není vyžadováno, aby se tím zabýval. Přitom se zde skýtá možnost, jak by investor vhodnou volbou návrhové hodnoty indexu spolehlivosti β_d – speci-

ficky pro účely konstrukce – mohl ovlivnit své ekonomické výsledky.

Poznamenejme, že přímé posouzení vztahu (2) poskytují **plně pravděpodobnostní postupy** navrhování konstrukcí; normy [2], [3], [4] je sice přípuštější jako alternativu metody dílčích součinitelů spolehlivosti, ale potřebné statistické charakteristiky vstupních veličin projektant obvykle nemá k dispozici a aplikace jsou zatím jen sporadické. Jde však o trendy, které bude nutno sledovat. Postupy a metody jsou rozvedeny v pracích mezinárodní komise [5], softwarové prostředky jsou dostupné také u nás [6], [7]. Otázka volby β_d se ovšem těmito postupy neřeší.

O doporučovaných hodnotách míry spolehlivosti viz odíl věnovaný diferenciaci úrovně spolehlivosti.

■ Druhy mezních stavů

Připomeňme, že obvykle rozeznáváme mezní stavy:

- **únosnosti** (ULS), vymezené jako případy ohrožení osob, popř. bezpečnosti konstrukce – kolapsu či jiné, obdobné formy porušení konstrukce. Patří sem i specifický případ – porušení v důsledku únavy materiálu. Rozlišuje se únosnost jednotlivých prvků a celé konstrukce (systému);
- **použitelnosti** (SLS), odpovídající podmínkám, po jejichž překročení již nejsou splněny provozní požadavky na konstrukci či její část, tj. požadavky funkční, vzhledové, pohoda osob. Podle základního dokumentu pro navrhování konstrukcí ČSN EN 1990 [3] se kritéria pro SLS mají specifikovat a odsouhlasit s klientem! U SLS se také rozlišuje, zda jde o vratný, či nevratný stav.

Kromě těchto základních druhů se v poslední době objevují i další mezní stavy:

- **zastarání**, kdy změny požadavků na funkci a vzhled často vedou k nutnosti stavební objekt přebudovat či odstranit. Na to lze nahlížet také jako na jakýsi mezní stav, který ovšem není doposud začleněn do stávajících předpisů. Tato problematika byla diskutována např. v rámci nedávno ukončeného evropského projektu LIFECON [8];
- **trvanlivosti**, vymežující podmínky jistých stadií degradace, kdy sice ještě není dosaženo žádného ze stavů SLS či ULS, ale je zde vazba na **údržbu a životnost**. Takové mezní stavy budou zahrnuty v novém mezinárodním *fib* Model Codu [9] a také v obecnějším dokumentu ISO [10], zaměřeném na pravděpodobnostní navrhování konstrukcí na životnost. Oba tyto dokumenty se však v současnosti teprve připravují (existují v pracovním znění). Také u těchto nových druhů bude vyžadováno, aby úroveň spolehlivosti specifikoval klient. Další možné, resp. potřebné členění, vysvitne z následujících odstavců.

■ Životnost

Funkční vlastnosti konstrukce a požadovaná úroveň spolehlivosti, tj. podmínka nepřekročení mezních stavů, musí být zachovány po celou **dobu životnosti** t_L . V tomto samozřejmém požadavku se skrývá vazba na hlediska trvanlivosti, procesy degradace materiálů, únavové jevy apod. Životnost konstrukce (resp. zbytkovou životnost) rozumíme časový úsek od jejího uvedení do provozu (resp. od posuzovaného okamžiku) do doby, kdy **požadované vlastnosti** neklesnou pod minimum považované za podmínku vzniku poruchy. U nosných konstrukcí se poruchou rozumí nesplnění podmínek spolehlivosti pro bezporuchový provoz, vyjádřených **mezními stavy**. Přitom je třeba hodnotit všechny druhy

mezních stavů. V zásadě je nutno prokázat, který z mezních stavů povede u hodnocené konstrukce k minimální hodnotě t_L při zachování potřebné spolehlivosti. Každý z možných mezních stavů se projevuje jinými příznaky a důsledky, vzniká za rozdílných okolností, může být ovlivněn různými vnějšími faktory a záviset na odlišných vlastnostech konstrukce. Proto je „přijatelná“ hladina pravděpodobnosti vzniku každého mezního stavu různá – je nutno ji **diferencovat**.

V případech, kdy nejistoty vznikají v důsledku procesů, které mají statisticky nezávislá roční maxima účinků, lze hodnoty indexu spolehlivosti β pro různé referenční periody určit ze vztahu (viz odst. C.6 [3])

$$\Phi(\beta_n) = [\Phi(\beta_1)]^n, \quad (4)$$

kde β_n je hledaná hodnota indexu spolehlivosti odpovídající n rokům, β_1 je hodnota příslušející období jednoho roku.

■ Diferenciace úrovně spolehlivosti

Je nutno si uvědomit, že předepsání relevantních hodnot přijatelné/cílové pravděpodobnosti poruchy, resp. hodnoty indexu spolehlivosti, je komplexní úloha, při které je vhodné rozhodovat o úrovni spolehlivosti podle:

- druhu a specifické definice mezního stavu;
- možných následků poruchy, tj. rizika ztráty životů, zranění osob a ekonomických ztrát;
- nákladů a opatření nutných k redukci rizika vzniku poruchy;
- požadované/plánované životnosti;
- přístupnosti konstrukce či konstrukčního prvku pro inspekci, údržbu, popř. opravu;
- postojů veřejnosti k poruše.

V řadě dokumentů jsou již hodnoty indexu spolehlivosti pro různé situace navrženy a v následujícím je stručně uvádíme. Poznamenejme však, že doposud se nedospělo k jednotným hodnotám a ani to důsledně není možné, např. některé případy budou záviset na rozhodnutí klienta.

a) Minimální, resp. směrné hodnoty indexu spolehlivosti pro konstrukční prvky třídy spolehlivosti RC2 (běžná úroveň spolehlivosti) podle dokumentu [3], jsou shrnuty v *tab. 1*. Tentýž dokument v odstavci o managementu spolehlivosti upozorňuje též na diferenciaci podle možných následků a úrovně kontroly.

Tab. 1. Směrné hodnoty indexu spolehlivosti [3]

Mezní stav	Směrné hodnoty β	
	1 rok	50 let
únosnosti	4,7	3,8
únavy	–	1,5 – 3,8 ¹⁾
použitelnosti (nevratný)	2,9	1,5

1) Závisí na možnosti kontroly, oprav a na odolnosti vůči porušení.

b) Diferenciace hodnoty β podle dokumentu ISO 2394 [4] pro životnost 50 let je v závislosti na nákladech a důsledcích poruchy v rozmezí 0,0 (vratný stav) až 1,5 (nevratný stav) pro SLS, pro MS únavy 2,3 až 3,1 podle přístupnosti k prohlídkám a pro ULS od 3,1 do 4,3.

c) V materiálech komise JCSS [5] jsou podobně uvedena rozmezí pro SLS 1,0 až 2,0 pro celou životnost, pro ULS pak 3,1 až 4,7 při referenční době 1 rok.

Diferenciace spolehlivosti v závislosti na typu mezního stavu je relativně komplexní úloha. Uvedme příklady:

– s ohledem na korozi ocelové výztuže můžeme u železobetonové konstrukce za mezní stav považovat několik situací: (1) depasivaci výztuže, tj. stav, kdy by koroze mohla začít, (2) vznik viditelných trhlin způsobených expanzí korozních produktů na výztuži, (3) odlučování betonu krycí vrstvy a (4) snížení únosnosti či tuhosti zmenšením efektivní plochy nosné výztuže korozí. Přitom případy (1) a (2) jsou zjevně mezními stavy použitelnosti, případy (3) a (4) mohou být podle svého rozsahu považovány za SLS nebo ULS. Kromě toho by mohlo či mělo být u SLS a MS trvanlivostí rozhodnuto, jak velká část konstrukce má být degra-dačním jevem zasažena, aby to bylo považováno za mezní stav, např. 10 %, 30 %;

– porušení (ztráta únosnosti) jednoho průřezu u vícená-sobně staticky neurčité konstrukce a kolaps takové konstrukce jsou svými důsledky jistě nesrovnatelné. Přitom však při postupu podle současných předpisů mohou být oba případy hodnoceny stejně, tj. jako mezní stav únosnosti, se stejnou mírou spolehlivosti;

– odlišnou míru spolehlivosti by měly jistě vykazovat též případy, kdy konstrukce má rozdílnou životnost, např. má být provozována 15 let, popř. 50, resp. 70 let.

První dva příklady však současné normy neřeší. Je zřejmé, že každá ze situací uvedených v těchto příkladech může představovat **odlišný stupeň ohrožení konstrukce** s různou významností socioekonomických i technických dopadů. Takto do důsledku diferencovaná spolehlivost by však vedla k velkému množství doporučených/předepsaných hodnot návrhového indexu spolehlivosti β_d a ke značné komplikovanosti předpisů, tj. byla by v rozporu s opačnou snahou, se snahou po zjednodušení předpisů pro projektování, po které se často oprávněně volá.

Očekávaný vývoj ve využívání mezních stavů

Z toho, co bylo právě zmíněno, a z dalších okolností vyplývá:

■ Rozhodnutí o míře spolehlivosti v případech, kdy nejde o ohrožení lidských životů či zdraví, nýbrž převážně o ekonomické dopady, které ponese **investor/klient**, by měl učinit právě on! To jest rozhodnout o vynakládaných prostředcích z **dlohodobého pohledu** [11]; normy tedy nemohou relevantní hodnoty β_d udávat. V tomto smyslu by mu měl být projektant i dodavatel schopen poskytnout kvalifikovanou podporu – to se asi zatím, bohužel, neděje. Přitom zájem o takový postup by měl být oboustranný: klient optimalizuje vynakládané prostředky, projektant i dodavatel dokáží svou kvalifikaci a konkurenceschopnost, stavby budou navrhovány a prováděny účelněji. Je to postup odpovídající trendům, které se prosazují v posledním desetiletí zejména ve vyspělých zemích. Projevuje se snaha o významné inovace ve stavebnictví: objekty, konstrukce a stavební výrobky se mají navrhovat a vyrábět s ohledem na jejich cílové, specifické **užitné vlastnosti** (performance), tedy s větším ohledem na přání zákazníka a s ohledem na sociologicko-ekologicko-ekonomická kritéria. V těchto souvislostech se hovoří o přístupech **Performance-Based Design** (PBD), tj. o navrhování s ohledem na užitné vlastnosti, a prosazuje se také ještě komplexnější přístup, tzv. **integrováný návrh** [12].

■ K tomu, aby projektant i klient mohli rozhodovat ve specifických případech o míře spolehlivosti (a také o životnosti, nákladech apod.), bude nutno vytvořit vhodné postupy a relativně jednoduché nástroje. Jako již existující příklad uvedme interaktivní webovskou stránku [13] pro posuzování či navrhování životnosti i spolehlivosti železobetonových konstrukcí s ohledem na mezní stavy trvanlivosti.

Závěry a doporučení

Při úvahách o diferenciaci spolehlivosti je však třeba mít na paměti:

- příliš nízké hodnoty návrhového indexu spolehlivosti mají za následek ekonomické i další nepříznivé důsledky v budoucnu;
- příliš přísná kritéria spolehlivosti pro některé materiály či technologie by mohla ohrozit jejich konkurenceschopnost;
- příliš podrobné členění předepsaných/doporučených hodnot návrhového indexu spolehlivosti v normách by bylo nepraktické.

Odstranění těchto problémů a uvedení popsaných trendů a postupů do každodenní praxe bude vyžadovat:

- tvorbu nových, uživatelsky méně náročných metod a pomůcek;
- cílenou výuku na vysokých školách a stavebních inženýrů v celoživotním vzdělávání;
- seznámení potenciálních klientů s příznivými důsledky moderního náhledu na míru spolehlivosti;
- reflektování dlouhodobého pohledu na účelnost a vynakládání prostředků již při vypisování zakázek a vyvarování se „syndromu nízké nabídky“.

Literatura

- [1] Tichý, M.: Normy a mezní stavy trochu jinak. Sanace, 2000, č. 3.
- [2] ČSN 73 0031 Spolehlivost stavebních konstrukcí a základových půd. ČNI, 1989.
- [3] ČSN EN 1990 Zásady navrhování. Česká technická norma. ČNI, 2003.
- [4] ISO 2394: 1998(E) General Principles on Reliability for Structures. ISO, 1998.
- [5] Joint Committee on Structural Safety: www.jcss.ethz.ch – Probabilistic Model Code
- [6] www.noise.cz/sbra/
- [7] www.freet.cz
- [8] Sarja, A. et al.: Life Cycle Management of Concrete Infrastructures. LIFECON, 2004, Deliverables, www.vtt.fi/rte/strat/projects/lifecon/.
- [9] Fib Model Code for Service Life Design. fib TG 5.6, 2004.
- [10] ISO/WD 13823 General Principles on the Design of Structures for Durability. ISO TC 98/SC2/WG10, 2005.
- [11] Teplý, B.: Trvanlivost – náklady – spolehlivost konstrukcí. Beton TKS, 2005, č. 3, s. 3–5.
- [12] www.cideas.cz
- [13] Teplý, B. – Rovnaník, P. – Keršner, Z. – Rovnaníková, P.: Podpora navrhování betonových konstrukcí na životnost. Beton TSK, 2004, č. 3, s. 38–40.

Článek vznikl za podpory projektu č. 1M6840770001 MŠMT v rámci činnosti výzkumného centra CIDEAS.

Teplý, B.: Limit State Method of Yesterday, Today and Tomorrow

Basic information concerning the development and current state of the Limit State Method for design of structures is given. The differentiation of the safety factor together with the problems of service life, economic consequences and client's requirements for Serviceability Limit States are discussed.

Teplý, B.: Grenzzustände gestern, heute und morgen

Es werden grundlegende Informationen über die Entstehung und den gegenwärtigen Stand der Anwendung des Verfahrens der Grenzzustände für die Bemessung von Tragwerken angeführt. Des Weiteren werden die Problematik der Differentiation des Tragsicherheitsmaßes, der mit der Lebensdauer der Konstruktion zusammenhängenden Grenzzustände, die wirtschaftlichen Ergebnisse und die Wahl bzw. Anforderungen des Kunden bei der Anwendung der Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit ausführlicher behandelt.

Šponar, P. - Vícha, O.

Zákon o geologických pracích a jeho prováděcí předpisy s komentářem

Arch, Praha, 2005, 298 Kč

Zákon o geologických pracích je převážně veřejnoprávním předpisem, je pramenem správního práva. Jako takový upravuje zejména vztahy mezi orgány státní správy (ministerstvem životního prostředí, krajskými úřady) a osobami, vůči nimž směřuje výkon státní správy v oblasti projektování, provádění a vyhodnocování geologických prací. Obsahuje však také některé soukromoprávní prvky (vstup na pozemky, náhradu škody) a upravuje i problematiku správního dozoru a správní odpovědnosti. Jde o kontrolu plnění povinností stanovených tímto zákonem a předpisy vydanými na jeho základě (§ 19) a skutkové podstaty správních deliktů na úseku geologických prací (§ 20).

Komentář je zpracován nejen k výkladu zaměřenému na aplikaci zákona o geologických pracích, ale i souvisejících právních předpisů, které se dotýkají projektování, provádění a vyhodnocování geologických prací. Je zaměřen i na řešení problémů a nedostatků, které se při uplatňování platného zákona vyskytují. V nezbytně nutné míře jsou uváděny i odkazy na předchozí znění zákona, pokud je to nutné k pochopení platné právní úpravy. V komentáři k jednotlivým ustanovením zákona autoři odkazují i na významnější soudní rozsudky a správní rozhodnutí týkající se zákona o geologických pracích. Pokud u některých ustanovení komentář není uveden, mají autoři za to, že text je dostatečně jasný, jeho aplikace nepůsobí v praxi problémy a komentář proto není potřebný.

www.eprdejna.cz

•veletrhy

BATIMAT®
INTERNATIONAL
BUILDING EXHIBITION 2005
7-12 November
PARIS EXPO • PORTE DE VERSAILLES PARIS • FRANCE

Veletrh BATIMAT, jehož 25. ročník se uskuteční počátkem listopadu na jižním výstavišti Porte de Versailles v Paříži, bude spojením šesti odborných veletrhů, z nichž každý zaujímá vedoucí postavení ve svém oboru.

- hrubé stavby
- truhlářství a zámečnictví
- dokončovací práce a dekorace
- strojní vybavení a nářadí
- inteligentní budovy
- informatika a telekomunikace



Na ploše 130 tis. m² představí 2 700 vystavovatelů (průmyslových a nedistribučních podniků) návštěvníkům své expozice. Letošní ročník veletrhu se soustředí na příležitosti, které nabízí trvalý rozvoj pro obor stavebnictví jak na ekonomické a společenské úrovni (rozvoj nových trhů a nových povolání), tak pokud jde o image oboru. Prostor bude vyhrazen i ochraně okolí, hledání kvality, pohodlí, zdraví a bezpečnosti. Jednotlivým symbolem bude piktogram vyjadřující závazek stavebnictví ve prospěch trvalého rozvoje: STAVĚT JINAK. Umožňuje identifikovat hlavní skupiny staveb, tj. byty, terciární a průmyslový sektor, a zavést pojem procesu „ve smyčce“ (ze země do země), tj. dělbu informací, recyklování materiálů, synergii aktérů, návaznost procesů, transverzalitu ekonomických komponent atd. Ve spolupráci s agenturou pro kvalitu ve stavebnictví ADEME se budou v rámci Fóra o trvalém rozvoji a Fóra o inteligentních budovách konat diskuze u kulatého stolu a minikonference, na kterých vystavovatelé představí nové technologie. Rozvojem technologií a příklady realizace budov se bude zabývat sympozium Evropské skupiny pro inteligentní budovy a kolokvium organizované Sdružením pro rozvoj automatizovaných systémů domácnosti a pro budovy. Úspory energie v souvislosti s novými tepelnými normami budou předmětem diskuze u kulatého stolu na téma Budovy s kladnou energií.

Mezinárodní svaz architektů představí povolání architekta v konceptu trvalého rozvoje, aplikovaného na stavebnictví. Požadavek „stavět jinak“ se aplikuje totiž různě, podle architektonické kultury a ekonomických a demografických kritérií. Součástí programu budou přednášky zaměřené na integraci obnovitelných druhů energie, možnosti přetváření a organizace středně velkých měst, architekturu pro všechny a koncept přístupnosti.

Pořadatelem veletrhu BATIMAT je Reed Exhibitions, která organizuje více než čtyřicet odborných veletrhů z oboru stavebnictví a výstavby ve světě.

Informace:

ACTIVE COMMUNICATION
Anglická 28, 120 00 Praha 2
tel. 222 518 587, e-mail: active telecom.cz

Uhlíkové vlákna CFRP v betónových nosných prvkoch

doc. Ing. Sergej PRIGANC, CSc.

TU – Stavebná fakulta, Košice

Eng. Abdulah ALARASHI, PhD.

Thamar University – Faculty of Engineering and Dams, Yemen

prof. Ing. Ladislav FECKO, CSc.

Bratislava

V príspevku sú uvedené výsledky experimentálneho sledovania správania sa zvolenej výstuže CFRP aplikovanej na železobetónových ohýbaných prvkoch, a to takých, ktoré už predtým absolvovali zaťaženie spôsobujúce plné rozvinutie statických trhlín. Ide teda o zosilňovanie už existujúcich nosníkov. Zisťovala sa miera zosilnenia a zvýšenia tuhosti.

Úvod

Rekonštrukcie železobetónových nosných sústav, vyvolané či už zmenou exploatacie (nové väčšie zaťaženia), alebo degradáciou v dôsledku dlhodobého pôsobenia agresívneho prostredia, majú možnosť výberu z niekoľkých osvedčených technológií. Pri voľbe sa zohľadňujú rôzne faktory, ako sú náklady, časová náročnosť, kolízia s prevádzkou v objekte, geometrické obmedzenia. Jednou z možných technológií posledného obdobia je aj zosilňovanie prierezov pridávaním pásovej výstuže (nalepenej na povrch betónového prvku), a to nekovovej na báze lamiel s uhlíkovými vláknami CFRP (Carbon Fiber Reinforced Plastics). Na trhu sú už dodávatelia potrebných výstuží i lepidiel, skúseností je však už menej.

Na Katedre betónových konštrukcií a mostov Stavebnej fakulty TU v Košiciach sa vykonalo v spojitosti s doktorandským štúdiom spoluautora tohoto príspevku [1] niekoľko experimentálnych overovaní funkčnosti výstuže CFRP v reálnych podmienkach [2],[3] [4]. Z analýz vyplynuli závery, ktoré, doplnené o teoretické úvahy, sú obsahom tohoto príspevku.

Experimentálne boli sledované dve oblasti otázok:

- spôľahlivosť spojenia lamely CFRP s betónom pri zvýšených teplotách do 100 °C;
- vplyv pridaných lamiel na zvýšenie únosnosti a tuhosti prvku, ktorý už predtým absolvoval zaťaženie spôsobujúce plné rozvinutie trhlín (zhruba na hladine normového zaťaženia).

Aj keď počet vzoriek nebol taký, aby umožnil urobiť závažné závery, bol postačujúci na to, aby naznačil možnosti a problémy takýchto aplikácií. Evokoval úvahy o vhodnosti či výhodnosti jednotlivých prvkov sortimentu ponúkaného trhom a upozorňuje projektantov na nutnosť všestranného posudzovania.

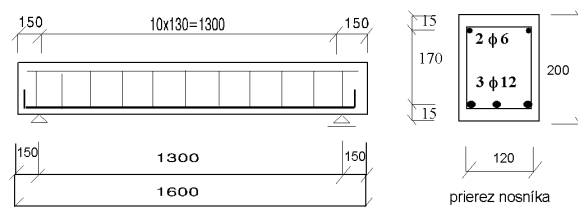
Vplyv zvýšenej teploty na spoľahlivosť spojenia lamely CFRP s betónom

Zosilňovanie lamelami CFRP sa pravdepodobne rozšíri najmä na nosných prvkoch v priestoroch objektov výroby

alebo služieb. V niektorých môže byť aj trvale zvýšená teplota, preto výrobcovia i normy niektorých štátov limitujú teplotu prostredia s ohľadom na spoľahlivosť spojenia, a to obvykle len do 60 °C. Vyvstáva preto otázka spoľahlivosti po prekročení tejto hranice. Naše výsledky skúšok pri teplotách do 100 °C boli publikované v [3] ako aj v predchádzajúcom príspevku [2]. Záver bol taký, že aj pri teplotách do 100 °C bolo spojenie spoľahlivé a že teda by bolo prospešné vykonať potrebný počet skúšok ku štatistickému preukázaniu priaznivých výsledkov, aby sa mohla horná hranica teploty, prípustná pre aplikáciu, primerane zvýšiť. Niektoré firmy poskytujúce výrobky na tieto účely v súčasnosti už garantujú hornú teplotnú hranicu až 150 °C [5].

Zmena statických vlastností betónových nosných prvkov po zosilnení lamelami CFRP

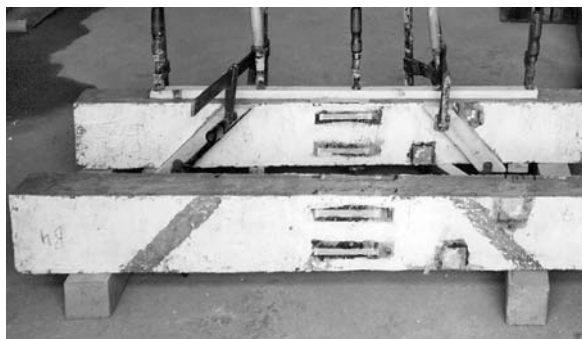
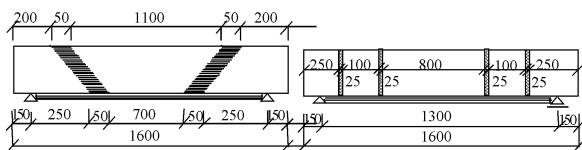
Skúmali sme šesť rovnakých železobetónových nosníkov vystužených klasickým spôsobom. Po statickom zaťažení, ktoré vyvolalo obvyklý obraz rozvinutých trhlín, sme štyri nosníky odľahčili a zosilnili výstužou CFRP.



Obr. 1. Vystuženie nosníkov

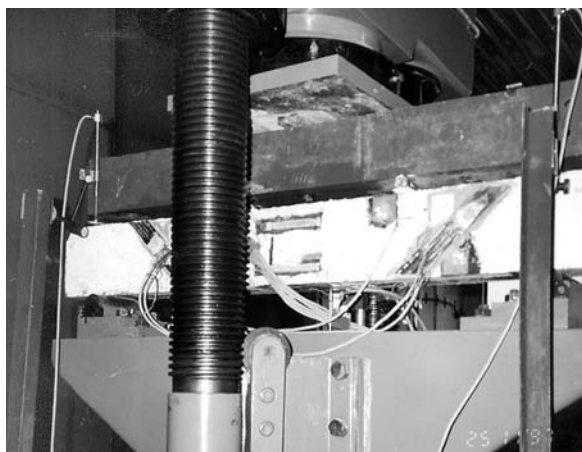
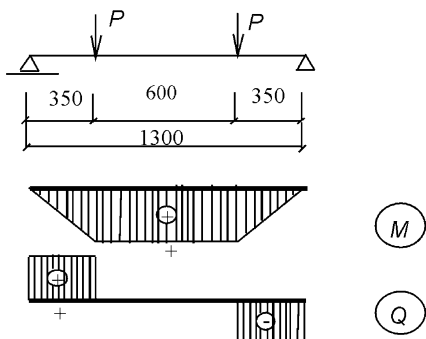
Výsledky následnej statickej skúšky až do porušenia sa porovnávali s výsledkami získanými na dvoch nezosilnených nosníkoch. Počet, označenie a vystuženie vzoriek sú uvedené v tab. 1. Geometria skúšaných nosníkov a ich vystuženie oceľovými vložkami sú znázornené na obr. 1.

Použitý betón mal po 28 dňoch kockovú pevnosť $R_{bk} = 43,7$ MPa, výstužné vložky boli z ocele 10 425 (V) pri dolnom povrchu priemeru 12 mm, pri hornom 6 mm a strmienkou priemeru 6 mm. Na zosilňovanie sme použili CFRP v tvare lamiel s prierezom $50 \times 1,5$ mm na ohyb a prvý spôsob šmykového vystuženia, resp. $25 \times 1,5$ mm na druhý spôsob zosilnenia v šmyku. Výrobca udáva ich pevnosť hodnotou 2 400 MPa, modul pružnosti 150 GPa a ťažnosť 1,9 %. Dve alternatívy zosilnenia šmykovou výstužou CFRP sú znázornené na obr. 2. Zaťažovacie schéma a priebeh vnútorných síl



Obr. 2. Alternatívy zosilnenia na šmyk

v nosníku sú na obr. 3. Situovanie tenzometrických pások, ktorými sa sledovali pomerné pretvorenia na hornom i dolnom okraji, je znázornené na obr. 4. Z nich sa odvodila aj poloha neutrálnej osi. Dosiagnuté únosnosti uvádza tab. 2.



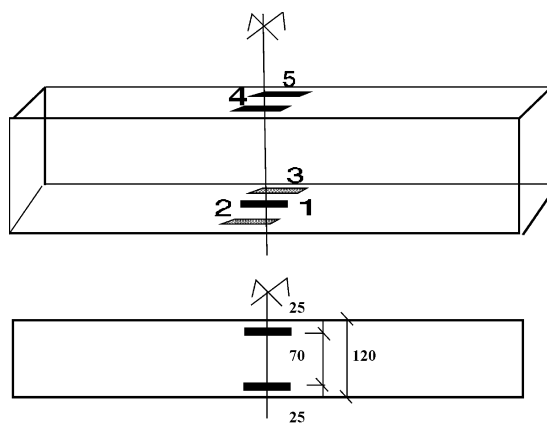
Obr. 3. Zaťažovacie schéma a vnútorné sily

Tab. 1. Počet, označenie a vystuženie vzoriek

Počet	Nosníky	Zosilnenie s CFRP	
		na ohyb	na šmyk
2	B1, B3	–	–
2	B2, B4	1 lamela $50 \times 1,2$ mm	4 lamely $50 \times 1,2$ mm
2	B5, B6	1 lamela $50 \times 1,2$ mm	8 lamiel $25 \times 1,2$ mm

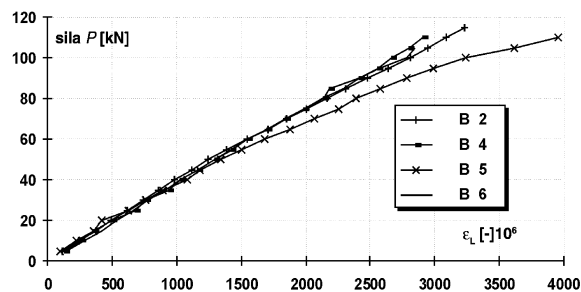
Tab. 2. Sily, pri ktorých nastalo porušenie nosníkov

Ukazovateľ	Nezosilnené nosníky		Zosilnené nosníky			
			prvá alternatíva		druhá alternatíva	
nosníky	B1	B3	B2	B4	B5	B6
sila [kN]	80	85	115	120	115	120
priemer [kN]	82,5		117,5		117,5	
vplyv zosilnenia [%]	100		142,4		142,4	

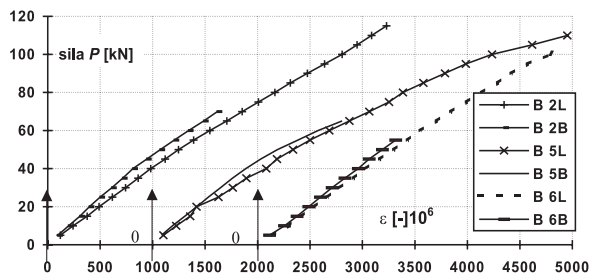


Obr. 4. Poloha tenzometrických pások na povrchu nosníka
1 – páska na lamele; 2, 3 – páska na ťahanom povrchu betónu;
4, 5 – páska na tlačnom povrchu betónu

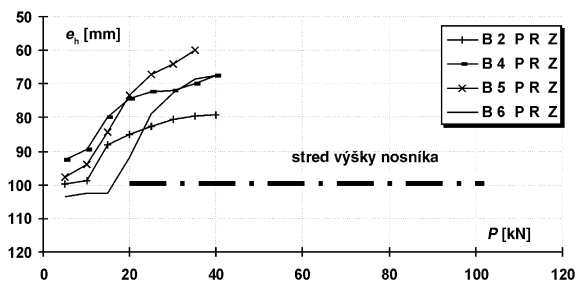
Pomerné pretvorenia, polohy neutrálnej osi a priehyby sú na obr. 5 až obr. 13. Z ich porovnania na lamelách a betóne, na ktorom sú nalepené (obr. 5, obr. 6), vyplýva, že lamely pôsobili v celom rozsahu ich pretvorení plnohodnotne. Na



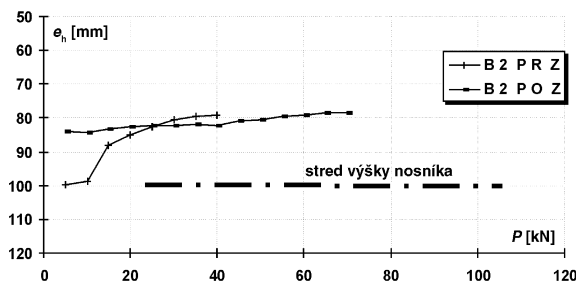
Obr. 5. Porovnanie pomerných pretvorení na lamelách



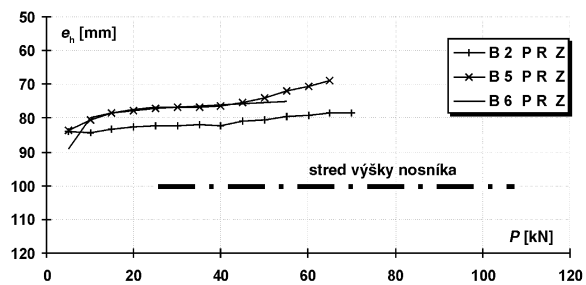
Obr. 6. Pomerné pretvorenia namerané na lamelách (L) a na betóne (B)



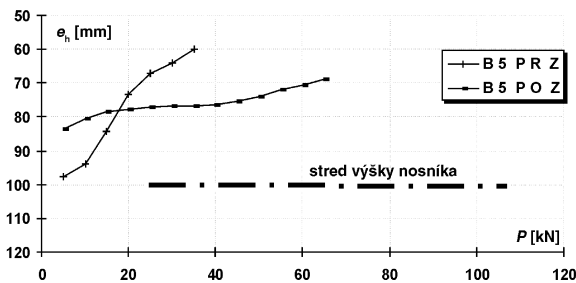
Obr. 7. Zmena polohy neutrálnej osi pri zaťažovaní pred zosilnením e_h – vzdialenosť neutrálnej osi od horného okraja



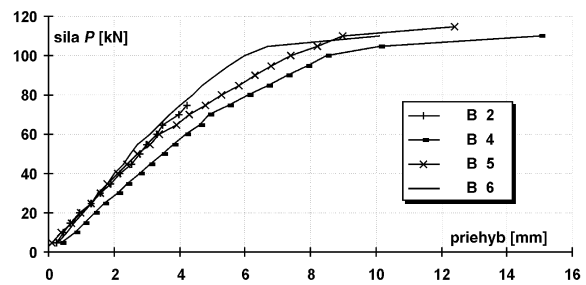
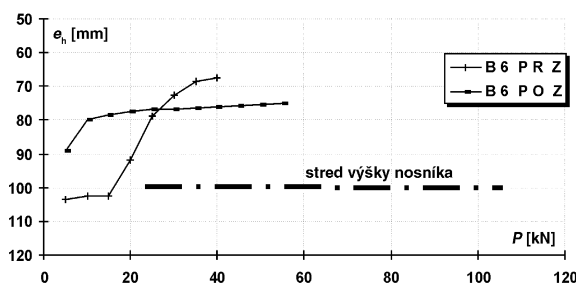
obrázku 7 sú znázornené posuny polohy neutrálnej osi v jednotlivých nosníkoch v priebehu zaťažovania vo fáze pred zosilnením, na obr. 8 to isté pre fázu po zosilnení. tieto zmeny zoskupené po nosníkoch sú na obr. 9. Zníženie polohy neutrálnej osi vo druhej fáze skúšky dokumentuje vplyv zosilnenia na ohybovú tuhosť nosníka. Po zosilnení sa neutrálna os pri zvyšovaní už len mierne posúva k tlačnému okraju, ako to odpovedá postupnej stabilizácii rozvoja trhlín.



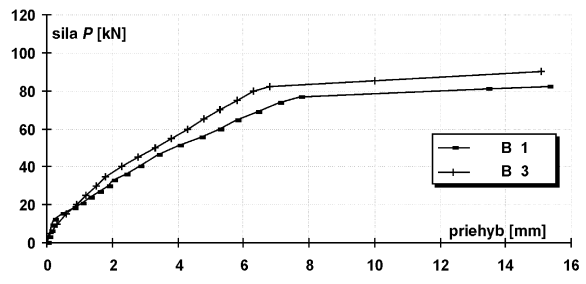
Obr. 8. Zmena polohy neutrálnej osi pri zaťažovaní po zosilnení e_h – vzdialenosť neutrálnej osi od horného okraja



Obr. 9. Zmeny polohy neutrálnej osi pri zaťažovaní pred zosilnením a po ňom, zvlášť pre každý nosník e_h – vzdialenosť neutrálnej osi od horného okraja



Obr. 10. Namerané hodnoty priehybu v strede rozpätia nosníkov od sily P pre zosilnené nosníky

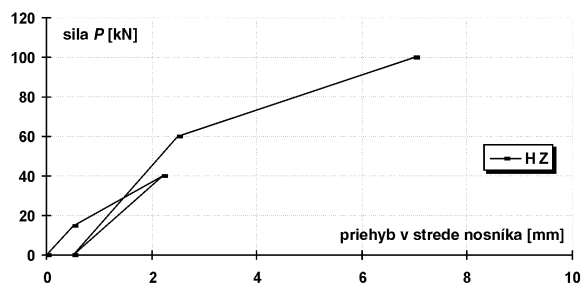


Obr. 11. Namerané hodnoty priehybu v strede rozpätia nosníkov od sily P pre nezosilnené nosníky

Pracovné diagramy všetkých skúšaných nosníkov vidíme na obr. 10 a obr. 11. U nezosilnených pozorujeme štandardné úseky: do vzniku trhlín (tu cca do $P = 15$ kN), po vzniku trhlín do začiatku konečného porušovania a konečné porušovanie. U zosilnených pozorujeme úsek po maximálne zaťaženie pred zosilňovaním, tu už trhliny boli vyvinuté a po zosilnení je tento úsek lineárny, sklon pracovného diagramu (t. j. tuhosť prierezu) je však väčší, odpovedá pridanej výstuži (CFRP). Ďalší úsek je podobný ako u nezosilnených, proces rozvoja trhlín pokračuje, ale stabilizuje sa, tretia fáza je charakteristická tečením výstuže, ktorá už dosiahla medzu prieťažnosti, a teda prakticky sa v nej už sila nezvyšuje, zvýšenie pásovej sily v ďalšom priebehu zaťažovania preberá už len prídavná výstuž CFRP. Plné využitie jej kvality je však limitované vyčerpaním šmykovej únosnosti alebo porušením tlačného betónu. V našich nosníkoch dochádzalo k pr-

vému prípadu, a to aj napriek pridaniu šmykovej výstuže CFRP – ako vonkajších „šikmých ohybov“ (ľavá časť obr. 2) alebo „strmienkov“ (pravá časť obrázku), pretože na tak krátkych úsekoch nemohla byť zabezpečená súdržnosť šmykových lamiel s betónom a tým sa nemohla plne vyčerpať pevnosť lamiel v ťahu.

Pokiaľ ide o hodnotu zvýšenia tuhosti nosníka, je treba si presne definovať, čo sa pod tým má chápať. Zosilnený nosník má už svoju históriu (pozri obr. 12): zaťaženie, odľahčenie, zosilnenie a nové zaťaženie. Po odľahčení pred zosilnením ostala trvalá deformácia (priehyb). Pracovný diagram zosilnených nosníkov tu kreslíme „od nuly“, t. j. neuvažujeme túto trvalú deformáciu. Predpokladáme, že sú možné aj významnejšie trvalé deformácie, ale pri rekonštrukcii sa ich estetický alebo konštrukčný význam eliminuje vhodnými stavebnými úpravami (omietkou, podkladovým betónom ap.). Po zosilnení teda nosník pracuje od nuly so zvýšenou tuhosťou, prípadne od zaťaženia vlastnou tiažou, ak sa pred zosilnením zaťaženie vlastnou tiažou neeliminovalo vhodným „protizaťažením“. Tuhosť po zosilnení je zvýšená zapojením lamiel do nosného mechanizmu. Tu si treba uvedomiť, že lamely môžu mať nižší modul pružnosti ako oceľová výstuž (napr. 150 GPa) a keďže ide o výstuž s vysokou pevnosťou, na získanie potrebnej sily na medzi únosnosti, je treba menšiu prierezovú plochu, a tým prispievok do tuhosti je menší ako zvýšenie ohybovej únosnosti.



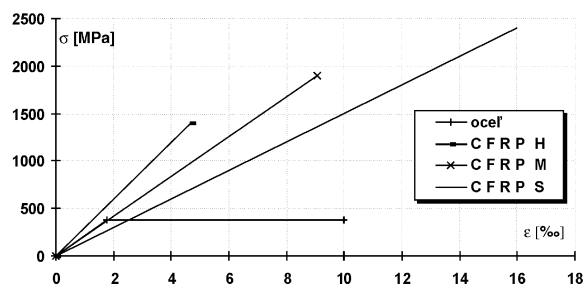
Obr. 12. História zaťaženia a pretvorenia nosníka pred zosilnením a po ňom

Teoretické úvahy

Prídavné lamely CFRP sú iba jednou alternatívou výstužných prvkov s plastovou maticou a vysokopevnými vláknami. Môžu byť aj zo skla, čadiča a podobne [6]–[9]. Ich výhodou je hlavne to, že len nepatrne menia pôvodnú hladinu betónového povrchu (sú to iba milimetre). Ich spojenie s betónom sa dnes dá spoľahlivo zabezpečiť osvedčenými lepidlami a primeranou svedomitosťou a odbornosťou príslušných pracovníkov. Ďalšou výhodou plastových výstuží je ich odolnosť proti korózii. Niektoré vlákna však môžu mať limitujúce nároky na pH prostredia (sklo).

Pre zmeny statických vlastností spôsobené zosilnením sú rozhodujúce materiálové charakteristiky pridávanej výstuže. Sú to najmä modul pružnosti E a pevnostné charakteristiky, resp. pracovný diagram výstužného prvku. Tu treba poznamenať, že trh ponúka širší sortiment výrobkov, uvádza ich materiálové charakteristiky, ale len niektoré výstuže sa hodia na nami sledované účely. Na zvýšenie tuhosti je vhodnejší vysoký modul pružnosti dodatkového výstuže. Na zvýšenie únosnosti je treba dostatočné pevnosti. Ak si však všimneme údaje o jednotlivých výrobkoch ponúkaných na trhu, vidíme, že vysoké deklarované pevnosti nie sú vôbec využiteľné v železobetónových nosných prvkoch v plnej miere, lebo by sa dosiahli pre ich nízky modul pružnosti len pri pretvoreniach neprípustných ako z hľadiska šírky trhlín, tak aj priehybov.

Pracovné diagramy troch typov výrobkov firmy SIKA z ocele 10 425 sú znázornené na obr. 13. V grafoch nie sú znázornené zakrivenia pracovných diagramov pred porušením súvisiace s ťažnosťou. Tá je v železobetóne dôležitým postulátom, keďže nesmieme vystužovať krehkými telesami. Pre materiály s malou alebo žiadnou ťažnosťou je požadovaná miera bezpečnosti podstatne vyššia.



Obr. 13. Porovnanie pracovných diagramov betonárskej ocele a výstuže CFRP

Plocha dodatkového výstuže CFRP – lamiel – sa vo výpočtoch v pružnej oblasti ocele a lamely môže uvažovať premenená na oceľ alebo betón a pomocou pracovného súčiniteľa $\omega_{LS} = E_L \cdot E_S$, resp. $\omega_{LB} = E_L \cdot E_B$. Pri výpočte únosnosti pri navrhovaní (posudzovaní) môžeme v oceli a lamele uvažovať s napätiami iba s takou časťou z pevnosti, aká odpovedá dosiahnutiu niektorého z limitujúcich stavov betónového prvku. Preto nevychádzame len z údajov o pevnosti v ťahu. Pevnosti uvádzané vo firemných materiáloch majú len informatívnu hodnotu, čo by za najpriaznivejšej situácie bolo možné využiť. Z trhom ponúkaného sortimentu treba preferovať tie lamely, ktoré majú najvyššie moduly pružnosti.

Iná je situácia pri aplikácii CFRP a podobných výstužných prvkov vo funkcii predpínacej výstuže. Tu môžeme využiť plne vysoké pevnosti a nižšími modulmi pružnosti lamiel dosiahnuť v nich menšie straty predpätia od zmršťovania a dotvarovania betónu.

Záver

Výsledky skúšok potvrdzujú možnosť zosilňovania železobetónových nosníkov lamelami CFRP, ale súčasne upozorňujú na nutnosť hlbšej analýzy napätosti a pretvorenia prvkov v jednotlivých štádiách zaťaženia.

Literatúra

- [1] Alarashi, M. A.: Použitie uhlíkových lamiel (CFRP) pri rekonštrukcii nosných železobetónových prvkov. [Dizertačná práca], SvF TU, Košice, 1998.
- [2] Priganc, S. – Alarashi, M. A. – Fecko, L.: Spôľahlivosť zosilnenia betónových prvkov lamelami CFRP pri teplotách do 100 °C. Stavební obzor, 12, 2003, č. 2, s. 266–270.
- [3] Alarashi, M. A. – Priganc, S. – Fecko, L.: Reliability of CFRP Concrete Elements Reinforced with Lamellas under Temperatures up to 100 °C, Part 1. – Shrinkage, Part 2. – Expansion, Part 3. – Bonding. In: Quality and Reliability in Building Industry, III. International Scientific Conference, Levoča, 2003, pp. 13–42.
- [4] Fecko, L. – Alarashi, M. A. – Priganc, S.: Statické vlastnosti nosných prvkov po zosilnení lamelami CFRP. [Zborník], konferencia „Staticko-konštrukčné a stavebno-fyzikálne problémy stavebných konštrukcií“, Tatranská Lomnica, 2004.
- [5] www.sika.cz/jún2005
- [6] El-Hacha, R. – Wight, R. G. – Green, M. F.: Prestressed Fibre-Reinforced Polymer Laminates for Strengthening Structures. In.: Progress in Structural Engineering and Materials. Vol. 3, Issue 2. John Wiley & Sons 2001, pp. 111–121.

[7] Rizkalla, S. – Hassan, T. – Hassan, N.: Design Recommendations for the Use of FRP for Reinforcement and Strengthening of Concrete Structure. In.: Progress in Structural Engineering and Materials. V5, John Wiley & Sons 2003, pp. 16–23.

[8] Furtak, K.: A Case of Strengthening RC Bridge with Carbon Mats. In: Concrete and Concrete Structures, EDIS-ŽU, Žilina, 2002.

[9] www.5m.cz/jún2005

Priganc, S. – Alarashi, A. – Fecko, L.: CFRP Carbon Fibres in Structural Concrete Elements

This paper presents results of experimental investigation of the behaviour of the CFRP selected reinforcement utilized in bended reinforced concrete elements. This investigation was aimed at elements which had been exposed to loading causing full development of structural cracks. The examination focused on the strengthening of existing beams. The level of strengthening and increase of rigidity were monitored.

Priganc, S. – Alarashi, A. – Fecko, L.: CFK – Fasern in tragenden Betonteilen

Im Beitrag sind die Ergebnisse der experimentellen Beobachtung des Verhaltens einer gewählten CFK-Bewehrung angeführt, die an auf Biegung beanspruchten Stahlbetonbauteilen angewandt wurde, und zwar an solchen, die bereits vorher einer Belastung ausgesetzt wurden, die eine volle Entwicklung statischer Risse verursachte. Es handelt sich also um die Verstärkung bereits bestehender Träger. Es wurde das Maß der Verstärkung und der Erhöhung der Steifigkeit festgestellt.

• zprávy

Projekt úspěšně dokončen



Budějovická alej

K prvním nájemcům moderní administrativní budovy Budějovická alej patří firmy Shell Czech Republic, SG Equipment Finance a ANECT. Díky jejímu umístění na kopci v blízkosti Budějovického náměstí a na hranici rezidenční části je krásný výhled na jižní část Prahy, tři nejvyšší patra poskytují panoramatický výhled na celé hlavní město. Budova má osm pater, z nichž 1. až 4. mají rozlohu 2 300 m² a 5. až 8. rozlohu 380 m². Přízemí o ploše 1 050 m² počítá s restaurací a se dvěma menšími kancelářskými, popř. maloobchodními jednotkami. Součástí budovy jsou podzemní parkovací stání pro 160 vozidel. Flexibilní kancelářské prostory nabízejí nejvyšší standard technického vybavení umožňující bezdrátové instalace rozvodů LAN a IT. Samozřejmostí jsou zvýšené podlahy, zavěšené podhledy či ekologicky šetrná klimatizace. Přírodní materiály (sklo, dřevo a kámen) zvyšují kvalitu a příjemný pocit z vnitřního prostoru. Otevíratelná dřevěná okna navozují spíše rezidenční než pracovní kancelářskou atmosféru. Dřevo je výrazným prvkem i u obou recepcí.

Budova zaujme elegantní kombinací bílé a antracitově šedé fasády. Tu vhodně doplňují masivní dřevěné žaluzie, zvýrazňující oba hlavní vchody. Na architektonickém návrhu budovy pracoval ateliér Loxia. ... „*Neutrální studené barvy fasád příjemně kontrastují s teplými barvami, použitými v interiéru budovy. Využíváme barvy také k tomu, abychom pomohli nájemcům i návštěvníkům v lepší orientaci. Proto jsme například barevně odlišili schodiště a patra pro parkování. V designu budovy jsme vsadili na dřevo. Jak teaku podobné brazilské dřevo IPE v exteriérech, tak americký dub užitý v interiérech lze charakterizovat vysokou kvalitou, odolností, příjemným barevným odstínem*

a krásnými proměnami v průběhu zrání. Již při vstupu do budovy tak díky použití těchto materiálů na každého dýchne útlonost a vřelost. Právě tím jsme se chtěli odlišit od některých jiných kancelářských budov, působících snad až příliš studeně a technicky“, říká švédská architektka a designérka Eva Gräne. Použité materiály nefigurují na seznamu zakázaných substancí a materiálů, které se nesmějí při stavbě používat.



Skanska Property Czech Republic, investor a developer stavby, je aktivním členem Partnerství pro Budějovické náměstí, jež bylo založeno v březnu 2004 společností působícími v této lokalitě. Jeho cílem je postupně přeměnit dříve tranzitní prostor v příjemné, bezpečné a prosperující náměstí, které bude přitahovat lidi k zastavení a setkávání při nejrůznějších kulturních a společenských akcích pod širým nebem.

Tisková informace

Sálavé vlastnosti povrchových vrstev stavebních konstrukcí

Ing. Roman VÁVRA, PhD.
 ČVUT – Fakulta stavební
 Praha

V článku jsou uvedeny výsledky experimentálního stanovení sálavých vlastností povrchových vrstev stavebních konstrukcí tvořených nejen nátěry, které výrobci označují jako „nátěry reflexní“ s odkazem na patenty vyvinuté v rámci kosmického výzkumu NASA, ale i vápenným štukem či papírovými tapetami. Měření probíhala v okrajových podmínkách typických pro interiéry a exteriéry staveb.

Úvod

Charakteristickými vlastnostmi neprůteplivých stavebních materiálů, vyjadřujícími chování materiálů vůči teplu sdílenému elektromagnetickým tepelným sáláním, jsou směrová spektrální odrazivost $\rho_{\Omega\lambda}$ [-], pohltivost $\alpha_{\Omega\lambda}$ [-] a emisivita $\varepsilon_{\Omega\lambda}$ [-]. Označují se souhrnným názvem „sálavé vlastnosti“ a využívají se v rámci tepelně technických výpočtů např. pro zjištění tepelného odporu vzduchových mezer R [m^2KW^{-1}]. V současně platné ČSN 73 0540/1, 3 [6] nejsou sálavé vlastnosti materiálů dostatečně specifikovány, a to jak z hlediska velikosti či postupů jejich stanovení, tak z hlediska okrajových podmínek při jejich stanovení.

■ Sálavé vlastnosti materiálů a tepelně technické výpočty

Pro porovnání stavebních materiálů (včetně povrchových úprav) z hlediska možnosti využití jejich vlastností v rámci tepelně technických charakteristik konstrukcí se používá nejčastěji hodnocení podle velikosti součinitele tepelné vodivosti λ [$Wm^{-1}K^{-1}$] nebo podle velikosti měrné tepelné kapacity c [$Jkg^{-1}K^{-1}$]. Tyto veličiny charakterizují chování materiálů především z hlediska šíření tepla vedením. U ma-

Tab. 1. Souhrn jednotlivých intervalů spektra elektromagnetického záření

Záření (anglický ekvivalent)	Interval vlnových délek λ [μm]	Vznik intervalů záření
infračervené (IR – Infra Red) – dlouhovlnné – krátkovlnné	<1 000 - 0,7 >	rotací molekul vibrační molekul
viditelné (VIS – Visible)	<0,7 – 0,4 >	přemístěním vnějších elektronů atomu
ultrafialové (UV – Ultra Violet)	<0,01 – 0,4 >	přemístěním nebo vnitřních elektronů atomu
tepelné (Heat Radiation)	<100 – 3,0 >	převážně rotací molekul
sluneční (Radiation of Sun)	<3 – 0,01 >	převážně vibrační molekul

teriálů pro exteriérové i interiérové povrchové úpravy, které vytvoří na povrchu stavební konstrukce relativně tenkou vrstvu, není jejich vliv na velikost výše uvedených materiálových veličin, určujících tepelné izolační vlastnosti konstrukčního souvrství, prakticky i výpočtově zcela jasný. Proto je nutné je (resp. povrchově upravené plochy stavebních konstrukcí) charakterizovat vlastnostmi popisujícími jejich chování při sdílení tepla sáláním, tj. sálavými vlastnostmi. Teprve pak lze určit vliv povrchových úprav na energetickou bilanci stavebního díla.

■ Sálavé vlastnosti a nátěrové hmoty

Především u zahraničních výrobců (USA, Německo, Velká Británie, Itálie aj.) nátěrových hmot se už delší čas setkáváme se snahou vyrobit interiérovou či exteriérovou nátěrovou hmotu, která by tvořila finální povrch stavební konstrukce a významně přispěla k jejím tepelně izolačním vlastnostem, vyjádřeným např. součinitelem prostupu tepla U [$Wm^{-2}K^{-1}$], součiniteli přestupu tepla h_f/h_e [$Wm^{-2}K^{-1}$], tepelným odporem konstrukcí R [m^2KW^{-1}], popř. tepelnou jímavostí b [$W^2sm^{-4}K^{-2}$].

Nátěrové hmoty označované jako reflexní či tepelně odrazivé se zřejmě dobře uplatnily při konstrukci tepelného štítu raketoplánu. Svědčí o tom čtyři americké patenty, jejichž vlastníkem je The United States of America as Represented by the Administrator of National Aeronautic and Space Administration, Washington D. C. Nejnovější patent byl přihlášen v březnu 1994 pod číslem US 005296288A. Jde o inovaci tří dřívě vyvinutých a patentovaných nátěrů (US 004093771, US 00 4381333, US 00 5066330). Stejně jako předešlé nese označení PCCM (Protective Coatings for Ceramic Materials) a je určen k ochraně speciálních keramických materiálů, které se používají na tepelných štítech jako poslední vrstva vnějšího obalu raketoplánů.

Nátěr Emisshield™ (obr. 1) se vyrábí od roku 1996 na základě licence poskytnuté NASA Ames Research Center na ochranné nátěry keramických materiálů pro Wessex Incorporated's Laboratory (Blacksburg, Virginie), a to pro průmyslové (nevesmírné) aplikace, např. v rámci ochrany proti ohni. Informace o využití nátěru na stavebních konstrukcích nejsou k dispozici.



Obr. 1. Laboratorní ověření vlastností nátěru Emisshield™ (Wessex Incorporated's Laboratory)

I když se výrobci stavebních tepelně odrazivých hmot na tyto patenty odvolávají, je zřejmé, že teplotní podmínky pa-

nující na tepelném štítu raketoplánu nejsou porovnatelné s podmínkami v okolí běžné stavební konstrukce. Z toho také vyplývá, že posouzení možnosti využití jakékoli povrchové úpravy stavební konstrukce z hlediska sálavých vlastností upraveného povrchu musí být založeno na měřeních modelujících reálné podmínky exteriérů a interiérů staveb.

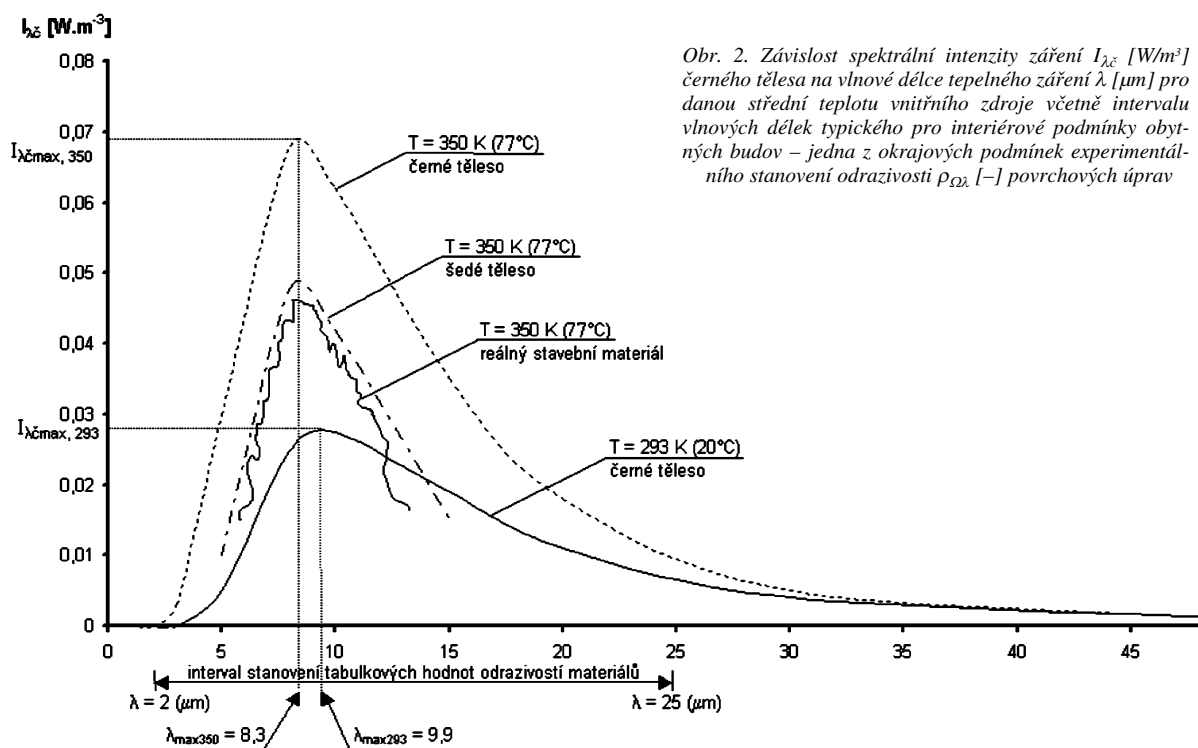
■ Funkce reflexních nátěrů

Ve firemních podkladech výrobců reflexních či tepelně odrazivých nátěrů je např. uvedeno:

... nátěry jsou řešením problémů s nedostatečnou tepelnou izolací budov, stěna natřená tímto nátěrem teplo z místnosti neodebírá, ale odráží zpět do prostoru ...,

... jedná se o vnitřní malbu, která odráží příjemné tepelné záření ...,

... použitím nátěru se zvyšuje povrchová teplota zdí a zvýší se i tepelná izolace bytů a kanceláří.



Obr. 2. Závislost spektrální intenzity záření $I_{\lambda z}$ [W/m^3] černého tělesa na vlnové délce tepelného záření λ [μm] pro danou střední teplotu vnitřního zdroje včetně intervalu vlnových délek typického pro interiérové podmínky obytných budov – jedna z okrajových podmínek experimentálního stanovení odrazivosti ρ_{Ω} [-] povrchových úprav

■ Složení nátěrové hmoty

Na základě rozboru hmoty označené výrobcem jako „nátěrová hmota pro zhotovení reflexních interiérových nátěrů“, analýzy plniv rentgenovou difrakcí a infračervenou spektroskopii a mikroskopickým průzkumem skleněných částic plniva bylo možné odvodit její přibližné složení [%]:

pigment (TiO_2) a plnivo ($CaCO_3$)	32,3
plnivo (duté skleněné částice 5–60 μm)	8,3
pojivo (disperze PVAc) včetně pomocných přísad	12,6
voda	46,9

Obsah sušiny byl cca 53 %, duté částice plniva měly efektivní hustotu $0,2 \text{ gcm}^{-3}$ a objemová koncentrace pigmentu byla vyšší než 80 %. Z výsledků vyplývá, že nátěrová hmota má poměrně nízký obsah sušiny a dosti vysoký obsah pojiva. Nátěr, který z této hmoty vznikne, lze označit za otěruvzdorný, ale pouze za sucha, za mokra dochází k uvolňování bílého pigmentu.

Sálavé vlastnosti materiálů

Jak již bylo uvedeno, sálavými vlastnosti materiálů je nutné se zabývat u materiálů pro povrchovou úpravu stavebních konstrukcí a povrchů vzduchových mezer. Tyto vlastnosti vyjadřují jejich chování z hlediska sdílení tepla sáláním a jsou jimi směrová spektrální:

- odrazivost (reflektance, reflexe) ρ_{Ω} [-],
- pohltivost (absorbance) α_{Ω} [-],
- propustnost (transmitance) τ_{Ω} [-],
- emisivita (zářivost) ε_{Ω} [-].

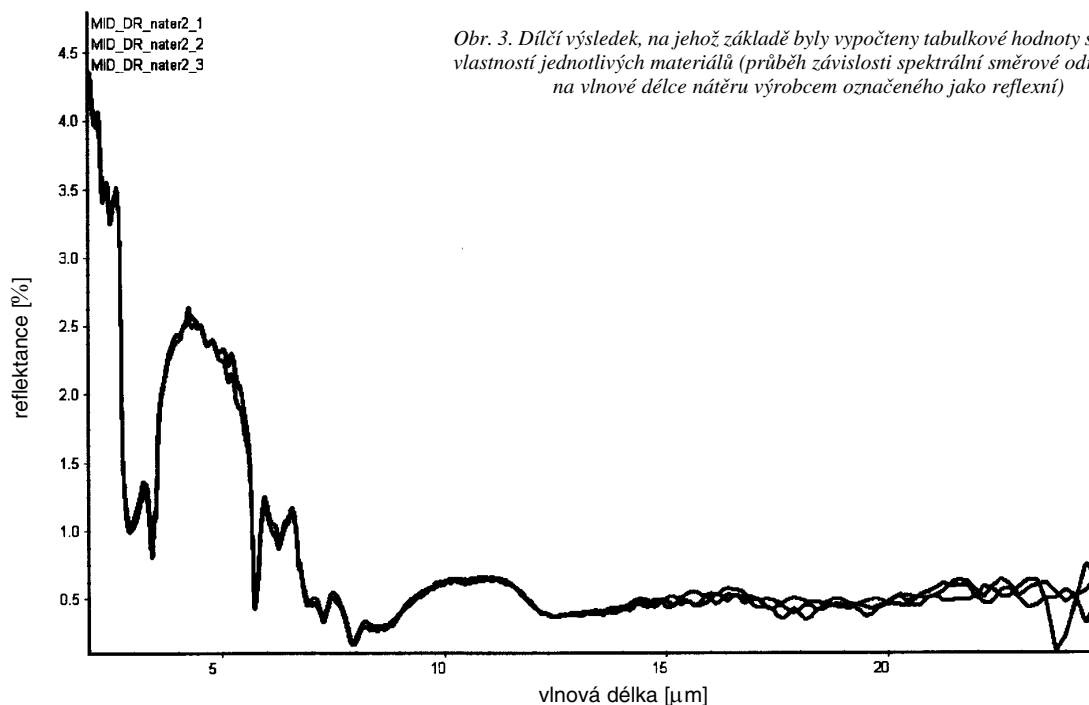
Indexy vyjadřují závislost sálavých vlastností na úhlu dopadu (index Ω) a vlnové délce (index λ).

V technické praxi se lze setkat i s pojmy transreflektance, transabsorbance nebo transmitance. Vztahují se především k tenkým povrchovým vrstvám, které část dopadajícího záření propustí a dále odráží, resp. je pohltí podkladový materiál. V praxi se např. transreflektance uplatní tehdy, je-li vrstva nátěrového systému tenčí než cca 0,1 mm.

■ Podmínky stanovení

Pro přesné určení odrazivosti ρ_{Ω} [-], popř. dalších vlastností, je nutné stanovit okrajové podmínky, které specifikují správné vymezení této veličiny. Základní podmínkou je interval vlnových délek λ [μm] elektromagnetického záření, který popisuje specifika daného prostředí. Nejvíce je ovlivněn velikostí termodynamických teplot T [K] zdrojů tepelného sálání. Z hlediska stavebních aplikací, resp. experimentálního určení průběhu a odrazivosti povrchů stavebních materiálů, jsou zajímavé tyto intervaly elektromagnetického záření:

- **tepelné sálání převážně dlouhovlnné** ($\lambda = 2$ až $25 \mu m$, viz obr. 2) se uplatňuje především v interiérech obytných budov, kde jsou zdroji tepla otopná tělesa sdílející část tepelného výkonu sáláním podle ČSN EN 442–2 o termodynamické teplotě cca 350 K [7]. Je důležité si uvědomit, že v každém ze specifikovaných intervalů nabý-



Obr. 3. Dílčí výsledek, na jehož základě byly vypočteny tabulkové hodnoty sálavých vlastností jednotlivých materiálů (průběh závislosti spektrální směrové odrazivosti na vlnové délce nátěru výrobcem označeného jako reflexní)

vají sálavé vlastnosti materiálů rozdílných hodnot, a proto je nelze vzájemně zaměňovat;

- **tepelné sálání převážně krátkovlnné** ($\lambda = 0,8$ až $2 \mu\text{m}$, viz obr. 4) se uplatňuje především v exteriérech, kde je zdrojem tepla slunce ($T = 6\,000 \text{ K}$). Za zdroj krátkovlnného sálání jsou také považovány zdroje tepla s termodynamickou teplotou povrchu vyšší než 800 K (např. plynové zářiče o teplotě povrchu cca $1\,300 \text{ K}$);
- **viditelné (světelné) elektromagnetické záření** ($\lambda = 0,4$ až $0,7 \mu\text{m}$) se uplatňuje nejčastěji pro vyjádření světelné odrazivosti barevných odstínů.

■ Dlouhovlnné tepelné sálání

Vlastnosti materiálů v oblasti dlouhovlnného tepelného sálání jsou ovlivněny jeho zdroji (velikostí povrchové teploty, kon-

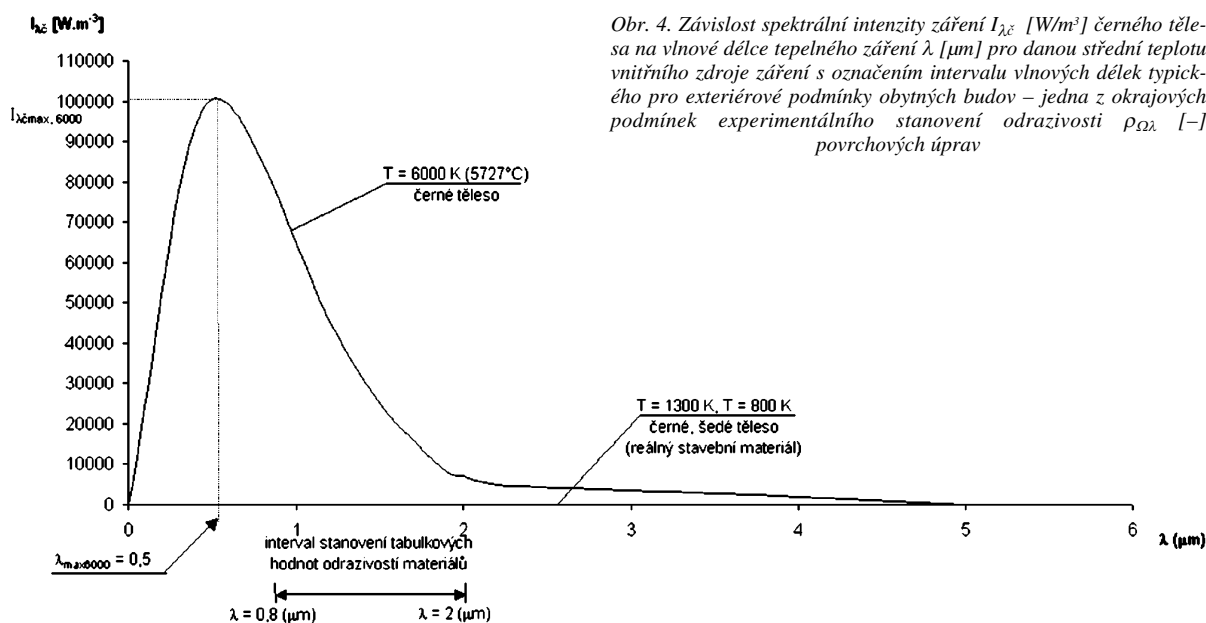
strukčním řešením apod.), kterými jsou v interiérech obytných budov nejčastěji otopná tělesa sdílející část tepelného výkonu sáláním [7]. Přijímajícími povrchy pak jsou vnitřní povrchy stěn, stropů, podlah apod. Sálavé vlastnosti materiálů nejsou v čase konstantní, dlouhodobým používáním dochází, např. vlivem jejich zaprášení, k poklesu odrazivosti.

■ Krátkovlnné tepelné sálání

Zdrojem sálání je zde slunce (sálání oblohy je převážně dlouhovlnné, přijímajícími povrchy – venkovní povrchy stavebních konstrukcí). Uvedené vlastnosti nejsou v čase konstantní.

■ Měřicí přístroje

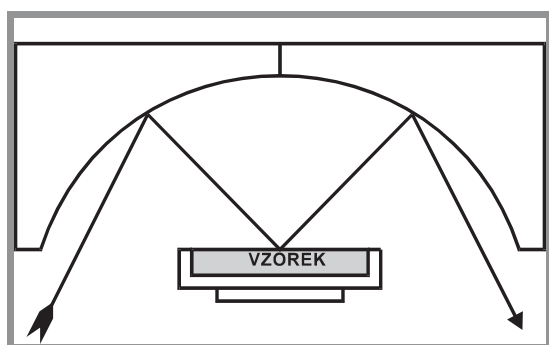
Na spektrometrech firmy Nicolet Thermo Electron Corporation byla měřena spektra ve střední infračervené oblasti, a to na typech Nicolet NEXUS a Nicolet AVATAR, vyba-



Obr. 4. Závislost spektrální intenzity záření I_{λ} [W/m^2] černého tělesa na vlnové délce tepelného záření λ [μm] pro danou střední teplotu vnitřního zdroje záření s označením intervalu vlnových délek typického pro exteriérové podmínky obytných budov – jedna z okrajových podmínek experimentálního stanovení odrazivosti $\rho_{\Omega\lambda}$ [–] povrchových úprav

Tab. 2. Sálavé vlastnosti materiálů pro interiér budov

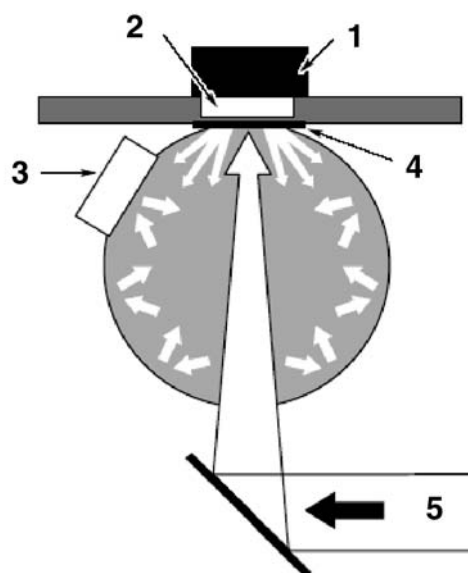
Povrch vnitřní konstrukce nebo navazující na průteplivý materiál (vzduchová mezera)	Vnitřní prostředí 2 až 25 μm		
	pohltivost (absorptance)	odrazivost (reflektance)	zářivost (emisivita)
	$\alpha_{\Omega,se}$	$\rho_{\Omega,se}$	$\varepsilon_{\Omega,se}$
kovy s lesklým hladkým povrchem, úhel dopadu 90° – zrcadlový odraz			
hliníkový laboratorní etalon (měřeno relativně proti zlatu)	0,04	0,96	0,04
zlatý laboratorní etalon (měřeno relativně proti hliníku)	–	1,04	–
hliníková fólie, tl. 0,095 mm, s vrstvou plastu na povrchu (z obou stran)	0,39	0,61	0,39
nekovové materiály povrchových úprav s hrubým a matným povrchem, difúzní odraz			
papírová tapeta	0,94	0,06	0,94
vápenný štuk (bez nátěru)	0,98	0,02	0,98
keramika (bez glazury)	0,97	0,03	0,97
keramika (z glazurou)	0,95	0,05	0,95
cementový beton (bez nátěru)	0,99	0,01	0,99
nátěry interiérové reflexní, tl. 0,2 mm	0,98	0,02	0,98
nátěr tzv. zlatěnka (RAL 0960), tl. 0,1 mm	0,92	0,08	0,92
nátěr tzv. stříběnka (RAL 0910), tl. 0,1 mm	0,8	0,2	0,8
nátěr bílé barvy (RAL 9003), tl. 0,1 mm	0,93	0,07	0,93
nátěr barvy uhlově černé (RAL 9011), tl. 0,1 mm	0,93	0,07	0,93



Obr. 5. Umístění vzorku stavebního materiálu při měření difúzní reflexní spektra s vyznačením jedné "dráhy paprsku elektromagnetického záření"

vených optikou z bromidu draselného, která propouští infračervené záření až do vlnové délky 25 μm , a nejběžnějším detektorem DTGS pro střední infračervenou oblast (vlnové délky elektromagnetického záření $\lambda = 2,5$ až 25 μm). Součástí přístroje Nicolet NEXUS byla proměnná irisová apertura pro zúžení svazku infračerveného záření, což je důležité pro reflexní měření na nástavcích s maskami menších rozměrů.

Spektra v blízké infračervené oblasti ($\lambda = 0,8$ až 2 μm) byla měřena na spektrometru Nicolet NEXUS (zdroj bílého světla, beamsplitter CaF_2 , detektor termoelektricky chlazený InGaAs, zeslabovací mřížka). Difúzní reflexní spektra vybraných vzorků v blízké infračervené oblasti byla porovnávána s výsledky z difúzní reflexního nástavce EzDiffTM změřena také na přístroji Nicolet ANTARIS vybaveném integrační sférou se safírovým okénkem a detektorem InGaAs, zdrojem bílého světla a beamsplitterem CaF_2 (beamsplittersy z fluoridu vápenatého a detektory s čipem z InGaAs se v blízké infračervené oblasti používají nejběžněji).



Obr. 6. Integrační sféra FTIR spektrometru Nicolet ANTARIS 1 – vzorek, 2 – safírové okénko (deska, ve které je zabudováno, je vlastně horní plocha spektrometru), 3 – detektor sbíraného záření (typ InGaAs), 4 – pohyblivá vnitřní zlatá difúzní reference, řízená počítačem, 5 – vstup záření

Závěr

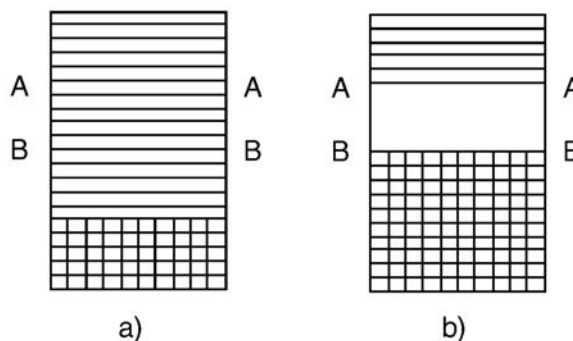
Z výsledků experimentálního stanovení sálavých vlastností materiálů povrchových úprav je zřejmé, že odrazivosti ρ_{Ω} [–] laboratorně používaných etalonů (např. hliník a zlato) a materiálů obvyklých pro povrchové úpravy včetně nátěrových hmot, které výrobci označují jako reflexní, se zásadně liší. To platí jak pro výsledky měření v intervalu vlnových délek převážně dlouhovlnného tepelného sálání (typického pro exteriéry budov) i v intervalu převážně krátkovlnného tepelného sálání (typického pro interiéry budov). Největší odrazivosti v obou zmíněných intervalech dosahují nátěrové hmoty pigmentované částicemi kovů. U nátěrových hmot s plnivem z hliníkového prášku jsou odrazivosti výrazně nižší než u hliníkového etalonu. Příčinou je přítomnost částic plniva na jednotlivých zrnech povrchu.

Porovnáme-li odrazivost nátěrových hmot s běžným nekovovým plnivem s odrazivostí „zlatěnek a stříběnek“, zjistíme, že se významně liší. Větší odrazivost „zlatěnek a stříběnek“

Tab. 3. Sálavé vlastnosti materiálů pro exteriér budov

Povrch vnější konstrukce	Vnější prostředí 0,8 až 2 μm		
	pohltivost (absorptance)	odrazivost (reflektance)	zářivost (emisivita)
	$\alpha_{\Omega, se}$	$\rho_{\Omega, se}$	$\epsilon_{\Omega, si}$
kovy s lesklým hladkým povrchem, úhel dopadu 90° – zrcadlový odraz			
hliníkový laboratorní etalon (měřeno relativně proti zlatu)	0,16	0,84	0,16
zlatý laboratorní etalon (měřeno relativně proti hliníku)	–	1,2	–
hliníková fólie, tl. 0,095 mm, s vrstvou plastu na povrchu (z obou stran)	0,39	0,61	0,39
nekovové materiály povrchových úprav stěn a střeš s hrubým nebo matným povrchem, difúzní odraz			
vápený štuk (bez nátěru)	0,98	0,02	0,98
cementový beton (bez nátěru)	0,99	0,01	0,99
keramika bez glazury/s glazurou	0,99/0,97	0,01/0,03	0,99/0,97
nátěr exteriérový reflexní, tl. 0,1 mm	0,99	0,01	0,99
nátěr tzv. zlatěnka (RAL 0960), tl. 0,1 mm	0,91	0,09	0,91
nátěr tzv. stříbřenka (RAL 0910), tl. 0,1 mm	0,9	0,1	0,9
nátěr bílé barvy (RAL 9003), tl. 0,1 mm	0,93	0,07	0,93
omítky tenkovrstvé	0,99	0,01	0,99

řenek“ způsobují kovová plniva, resp. významné sálavé vlastnosti kovů, jejichž odůvodněním jsou rozdíly mezi energetickými dovolenými a zakázanými pásy kovových a nekovových materiálů (viz pásová teorie, obr. 7). Uplatníme-li tuto teorii vůči materiálům plniv nátěrových hmot, nelze očekávat významnou odrazivost ani u skleněných mikrokuliček či plniv na bázi keramických mikrogranulí, na které se mnozí výrobci reflexních nátěrových hmot odvolávají jako na nositele speciálních vlastností.



Obr. 7. Materiálová podstata reflexních vlastností materiálů v intervalu vlnových délek tepelného sálání podle pásové teorie zakázaných a dovolených energetických pásů
a – energetické pásy kovových materiálů, b – energetické pásy nekovových materiálů, mezi které patří většina stavebních materiálů

V intervalu vlnových délek světelného záření je odrazivost nátěrových hmot ovlivněna především barevným odstínem (viz světelná odrazivost barevných odstínů podle Munsell Colour Co.) proti materiálové podstatě součástí nátěrových hmot.

Z článku vyplývá, že sálavé vlastnosti nátěrů, které výrobci spojují s výzkumy a patenty NASA, se z hlediska stavebních aplikací od vlastností běžně používaných nátěrů neliší, a proto nelze po jejich aplikaci očekávat snížení nákladů na vytápění či chlazení obytných budov. Z hlediska tepelného sálání lze za reflexní označit pouze materiál na bázi kovu.

Literatura

- [1] Bird, B. – Steward, W. – Lighfoot, E.: Transport Phenomena. New York, John Wiley and Sons, Inc. 1965, pp. 380.
- [2] Hottel, H. C. – Sarofim, A. F.: Radiative Transfer. New York, McGraw-Hill 1967, pp. 500.
- [3] Vávra, R.: Sálavé vlastnosti stavebních materiálů a jejich povrchových úprav. [Sborník], mezinárodní konference o nátěrových hmotách, Pardubice, 2005, s. 345–350.
- [4] Vávra, R.: Aspekty použití reflexních materiálů ve skladbách střešních konstrukcí. [Sborník], mezinárodní konference „Zastřešení budov“, Brno, 2005, s. 65–69.
- [5] Vávra, R.: Sálavé vlastnosti reflexních materiálů. [Sborník], mezinárodní konference „Tepelná ochrana budov“. Štrbské pleso, 2005, s. 157–162.
- [6] ČSN 73 0540/1, 3 Tepelná ochrana budov. ČSN, 1994.
- [7] ČSN EN 442-2 Otopná tělesa. Část 2 – Zkoušky a jejich vyhodnocování, ČSN, 1998.

Vávra, R.: Radiant Characteristics of Surface Layers of Building Constructions

This article specifies outcomes of experimental determination of radiant characteristics of surface layers of building constructions. They are made not only by paints which producers call "reflexive paints" with reference to patents developed within the framework of NASA space research. They can also be made by lime stucco or wallpaper. Measurements were carried out in boundary conditions typical of interiors, as well as exteriors of constructions.

Vávra, R.: Die Strahlungseigenschaften der Oberflächenschichten von Bauteilen

Im Artikel werden die Ergebnisse der experimentellen Bestimmung der Strahlungseigenschaften der Oberflächenschichten von Bauteilen aufgeführt, die nicht nur von Anstrichen, die von den Herstellern mit Verweis auf im Rahmen der Weltraumforschung der NSA entwickelte Patente als "Reflexionsanstriche" bezeichnet werden, gebildet werden, sondern auch durch einen Kalkputz oder Papiertapeten. Die Messungen verliefen unter Randbedingungen, die typisch für die Innen- und Außenbereiche von Bauwerken sind.

1. ročník specializované stavební výstavy

SERVIS PRO STAVEBNICTVÍ

2. – 4. listopadu 2005

Výstaviště Praha–Holešovice

Průmyslový palác

www.incheba.cz
www.ikas.cz



• zprávy

Spielberk Office Centre

Koncem května zahájila společnost CTP Invest výstavbu administrativního komplexu Spielberk Office Centre. Tento unikátní projekt kombinuje výhody moderního kancelářského areálu s prestižní polohou v centru Brna, které je jedním z nejrychleji se rozvíjejících obchodních center v Evropě. Komplex je přímo dostupný z dálnice D1, která spojuje Brno s Vídní, Bratislavou, Budapeští a Prahou. Speciálně navržená lávka jej pak spojí s pěší zónou vedoucí přímo na Staré Město a na hlavní vlakové nádraží. Mezinárodní tým předních architektů a krajinářů zde vytvořil ideální místo pro reprezentativní kanceláře a regionální úřady. Budovy poskytnou unikátní prostory k obchodním aktivitám od call center, přes centra sdílených služeb, administrativní zázemí, výzkum a vývoj. První budou připraveny k pronájmu od podzimu 2005. K dispozici bude celkem 60 tis. m² kancelářských prostor nejvyšší kategorie A v objektech různých typů a velikostí. Nejmenší pronajimatelné kancelářské prostory budou mít 150 m², další s možností pronájmu až celého podlaží v rozloze 2 000 m². Všechny kancelářské budovy poskytnou výhled na panorama brněnského historického centra a na nedaleký hrad Špilberk.



„Existuje jen málo tak kvalitních míst, která v sobě skrývají takové množství různorodých vlastností a která inspirují k jednoznačné architektonické rovnováze. Výtvarný koncept usiluje o harmonii s původními krajinářskými hodnotami. V daném grafickém schématu vzniká vyvážená kompozice a plocha objemů v daném čase a v reálném ekonomickém rámci. Spielberk Office Park má ambice stát se moderní městskou čtvrtí světových parametrů, a zároveň nabídnout dynamickou atmosféru harmonické lokality“, říká Václav Hlaváček, architekt Spielberk Office Centre.

Projekt je specifický tím, jak je zde architektura vyvážena s okolní krajinou, do které je citlivě včleněna. Pěší dlážděná zóna propojuje všechny budovy a umožní přístup i dopravním prostředkům. Přírodní jezero uprostřed areálu, napájené z nedaleké řeky, přispěje k pocitu příjemného a zdravého pracovního prostředí. Na centrálním náměstí naleznete kavárny a restaurace, autobusovou zastávku i stanoviště taxi. Spielberk bude v zásadě pěší zónou, ve které funguje hlídané podzemní parkování a regulovaný pohyb automobilů.

Výstavba bude probíhat ve třech etapách – první bude zahrnovat pět nízkopodlažních kancelářských „villas“ s fasádami z holandského cihlového zdiva a střešními terasami, druhá čtyři vysokopodlažní budovy s výjimečnou flexibilitou pro tvorbu pracovního prostoru a poslední dvě vysokopodlažní multifunkční budovy umístěné vedle rozsáhlého parku v blízkosti řeky. Ukončení výstavby je plánováno na konec roku 2007. Prvním nájemcem je přední světová letecká společnost Lufthansa, která zde usiluje o vybudování střediska pro klientský servis zákazníkům střední a východní Evropy.

Spielberk Office Centre je projektem společnosti CTP Invest, s. r. o., která je jednou z nejvýznamnějších developerských firem v České republice. Byla založena týmem nizozemských odborníků z oboru stavebního inženýrství a již deset let aktivně působí na českém trhu. Je vlastníkem a provozovatelem CTPark Network, rozsáhlého systému obchodních parků ve strategických lokalitách po celé republice.

Tisková informace

Fraktální geometrie II

Fraktalita cementových gelů

doc. RNDr. Tomáš FICKER, DrSc.
Ing. Petr NĚMEC
VUT – Fakulta stavební
Brno

V článku je pojednáno o fraktální struktuře cementových C-S-H gelů. Jejich fraktální dimenze je určována metodou rozptylu pod malými úhly, která dovoluje rozlišit povrchovou a objemovou fraktalitu struktury. Měření naznačila, že nejmenší koloidní částice těchto gelů je nutno hledat na nanometrické škále – jejich velikost se pohybuje kolem několika nanometrů.

Úvod

Cementové C-S-H gely vykazují vysoce pórovitou mikrostrukturu, která má fraktální uspořádání. Dimenze této fraktální mikrostruktury bývá určována moderní experimentální technikou založenou na rozptylu záření pod malými úhly. Předkládaný článek se zabývá výkladem fraktality cementových gelů i popisem zmíněné experimentální metody. Je tematickým pokračováním předešlého sdělení [1], ve kterém byly vloženy pojmy „fraktál“, „fraktální dimenze“, „povrchový“ a „objemový“ fraktál a nastíněna fraktalita koloidních agregátů včetně jejich počítačových modelů.

Toto sdělení si klade za cíl informovat o výzkumu fraktality cementových koloidních gelů jako jedné z mnoha aplikací fraktální geometrie v materiálovém inženýrství. Není ovšem míněno jako podrobné referativní sdělení o výzkumu cementové struktury ve všech jejích aspektech, ale naopak, je zaměřeno pouze na jednu určitou, avšak podstatnou morfologickou vlastnost cementových gelů, a tou je fraktalita jejich struktur. Pokud jde o současný stav vědomostí o cementových materiálech, lze odkázat na velmi obsáhlé knižní publikace, např. [2]–[4], pojednávající detailně o jejich fyzikálních a chemických vlastnostech. Zejména [4] obsahuje v současné době pravděpodobně nejucelenější přehled (~1 000 s.) výzkumných technik a jejich principů používaných při studiu cementových a betonových struktur. Kromě knižních publikací vychází velké množství prací v odborných časopisech typu „Cement and Concrete Research“, „Advanced Cement Based Materials“, „Concrete Science and Engineering“, „Ceramic Transactions“ a další, kde jsou prezentovány výsledky výzkumů nejrůznějších vlastností cementových, betonových a jim podobných struktur.

Pokud se však v průzkumu odborné literatury zaměříme pouze na fraktální vlastnosti těchto struktur, zjistíme, že ve zmíněné záplavě prací je jen velmi omezené množství těch, které pojednávají o fraktalitě hydratovaného cementu, přestože se od fraktálního uspořádání cementových gelů velmi pravděpodobně odvíjí mnoho důležitých „makroskopických“ vlastností včetně tolik sledované mechanické pevnosti. Důvodem je zřejmě technická náročnost výzkumu, neboť studium mikrostruktury cementového gelu vyžaduje experimentální techniku, která je schopna pracovat na úrovni nanometrických rozměrů, tedy v oblasti, která se rozměrově blíží jednotlivým molekulám a atomům. Takových

technik ovšem není mnoho a jsou to převážně elektronové mikroskopy. V poslední době se prosazují speciální „mikroskopy“ AFM (Atomic Force Microscop), které nezobrazují jako klasické elektronové mikroskopy, ale mapují povrchové nerovnosti (povrchovou morfologii) vzorku – ovšem na nanometrické úrovni, takže jsou citlivé i na určitá nakupení molekul.

Průlomovou prací na poli fraktality cementových gelů bylo použití *techniky rozptylu neutronového záření pod malými úhly* skupinou výzkumníků z harwellských laboratoří v Anglii v osmdesátých letech minulého století. Jejich obsáhná první publikovaná práce [5] na tomto poli z roku 1987 je stále základním informačním pramenem ještě i dnes po téměř dvaceti letech. Proto i tato stať bude v mnohém vycházet z výsledků harwellského výzkumu a odvolávat se na jeho výsledky. V průběhu času našla harwellská skupina své pokračovatele i na jiných pracovištích [6]. Začátkem devadesátých let se hlavní aktér harwellské skupiny, dr. A. J. Allen, přesunul do výzkumného střediska NIST (National Institute of Standards and Technology) v USA, kde ve výzkumu pokračuje [7], [8]. Přirozeně, existují i příbuzné studie fraktality cementového gelu užitím např. techniky NMR (Nucler Magnetic Resonance) [9]. Také fraktalita lomových povrchů cementových vzorků je v popředí zájmu [10], avšak to vše jsou práce zatím jen okrajového významu ve srovnání s původní prací harwellské skupiny [5]. Významem se snad této práci blíží publikace Winslowa, Bukowského a Younga [11] z poloviny devadesátých let, kteří prokázali variabilitu fraktálního uspořádání cementového gelu v závislosti na obsahu vlhkosti. Avšak základní práci v této oblasti doposud zůstává publikace pětice harwellských autorů, Allena, Oberthura, Pearsona, Schofielda a Wildinga, kteří položili základy dalším aplikacím rozptylu *neutronových* paprsků na fraktálních strukturách cementových gelů.

Rozptyl pod malými úhly

K experimentálnímu studiu fraktálních vlastností koloidních agregátů, gelů a ostatních pórovitých struktur na délkové škále 1 μm až 1 \AA je často používána metoda založená na měření intenzity vlnění, které je rozptylováno studovanou strukturou pod malými úhly. Malými úhly rozumíme úhly přibližně do 5°. Podle vlnové délky a povahy použitého vlnění rozeznáváme tři modifikace této metody:

- SAXS (Small-Angle X-Ray Scattering),
- SANS (Small-Angle Neutron Scattering),
- SALS (Small-Angle Light Scattering).

První dvě modifikace pracují na škále malých délek studovaných objektů (1 \AA až 100 nm), třetí modifikace na škále délek nad 100 nm. Z uvedeného vyplývá, že má-li být studována celá délková škála např. koloidních agregátů, je třeba použít jednak modifikaci SALS, a pak některou ze zbývajících. Většinou se však studují agregáty a gely na submikronové škále, a proto se nejvíce používají modifikace SAXS a SANS.

Princip metody a experimentální zařízení

Experimentální uspořádání metody je zachyceno na obr. 1. Jde o schéma spektrometru SANS [5]. Neutrony přicházející z reaktoru jsou vedeny rychlostním separátorem, vytvářejícím monorychlostní svazek neutronů (resp. monochromatickou de Brogliovu vlnu), který je dále veden vlnovody ke kadmiové cloně vymezující konečný průměr svazku (řádově milimetry).

V prostoru za clonou neutrony dopadají na vzorek – obvykle na tenký plátek o tloušťce kolem 1 mm, uzavřený do speciální optické dózy. Na vzorku dochází k rozptylu dopadajícího svazku. Intenzita rozptýleného svazku je měřena na stínítku, jehož vzdálenost od vzorku je plynule měnitelná ve značném rozsahu 1,68 až 40 m, což umožňuje měřit intenzitu I ve velmi malých rozptylových úhlech. Důležitou součástí aparatury je stínítko, na kterém se měří rozložení intenzity rozptýleného proudu částic. Spektrometr D11 má stínítko o velikosti 64 x 64 cm, které obsahuje drátěnou čtvercovou mřížku o délce buňky 1 cm. Drát je z vysoce rezistivního materiálu a celá mřížka je vnořena do atmosféry stlačeného plynu BF₃. Neutrony jsou v plynu pohlcovány atomy bóru, které se rozpadají, vzniká emise nabitých částic a v důsledku toho se objevují v mřížce elektrické pulsy.

Přiřadíme dopadajícímu svazku neutronů vlnový vektor k_1 a rozptýlenému svazku do úhlu 2θ vlnový vektor k_2 , pak platí

$$k_1 = \frac{2\pi}{\lambda} k_1^0, \quad k_2 = \frac{2\pi}{\lambda} k_2^0, \quad (1)$$

kde k_1^0 a k_2^0 jsou jednotkové vektory ve směru dopadajícího a rozptýleného svazku, λ je de Broglieova vlnová délka neutronů. Rozdílem těchto vektorů je definován vektor rozptylu Q

$$Q = k_2 - k_1, \quad |Q| = Q = \frac{4\pi}{\lambda} \sin \theta. \quad (2)$$

Pro $\theta < 5^\circ$ (rozptyl pod malými úhly) můžeme psát

$$Q = \frac{4\pi}{\lambda} \theta. \quad (3)$$

Protože k rozptylu dopadajícího svazku dochází hlavně vlivem mezifázových rozhraní, nelze touto metodou rozlišit dutiny (póry) od částic látky, resp. od případných kompozitních globulí. Dutiny a globule ve vzorku materiálu jsou právě pro svůj společný povrch pro rozptylovou metodu nerozlišitelné. Veškeré informace o struktuře materiálu, které je tato metoda schopna poskytnout, jsou uloženy v registrované intenzitě na stínítku. Měníme-li hodnotu rozptylového vektoru Q (většinou pomocí změny rozptylového úhlu θ při

konstantní vlnové délce λ , mění se i hodnota registrované intenzity. Hodnoty intenzity by měly být polárně symetrické, tj. měly by být stejné pro všechny body kružnice opsané kolem pomyslného středu, určeného primárním svazkem. Jedna tato kružnice je naznačena na obr. 1. Ve skutečnosti se však naměřené hodnoty vlivem fluktuací intenzity poněkud liší, a proto se hledá průměr těchto hodnot přes celou kružnici. Výsledkem je jedna střední hodnota (opravená i na další vlivy) pro danou kružnici, tj. pro daný rozptylový úhel 2θ , resp. pro příslušný vektor Q . Proměříme-li celou sérii soustředných kružnic na stínítku, dostáváme tabelovanou funkci $I(\theta)$, resp. $I(Q)$. Pro monodisperzní materiál, jehož globule mají gyrační poloměr R_g , by průběh intenzity I vykazoval dvě různé oblasti:

a) Guinierova pro $QR_g \leq 2,5$

$$I \approx \exp \left[-\frac{(QR_g)^2}{3} \right]; \quad (4)$$

b) Porodova pro $QR_g \geq 3,5$

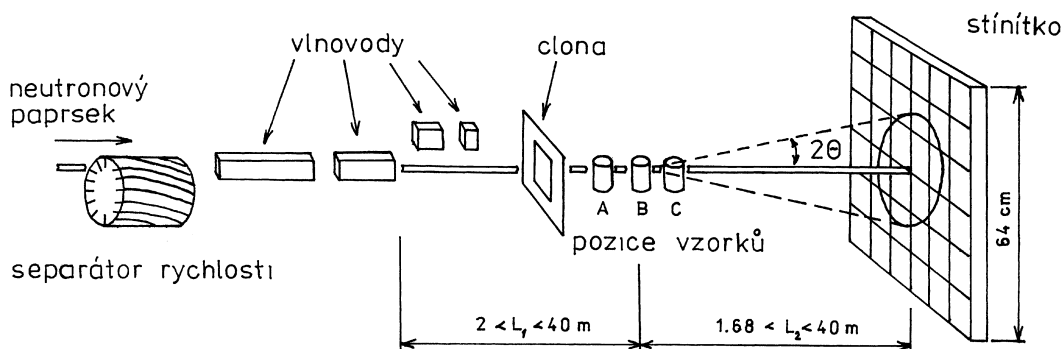
$$I \approx Q^{-\alpha}. \quad (5)$$

Zejména z Porodovy oblasti lze získat cenné informace o geometrické struktuře materiálu. Bylo ukázáno, že pro klasická, euklidovská „hladká“ rozhraní nabývá tento koeficient hodnoty $\alpha = -4$, zatímco pro fraktální rozhraní jinak homogenních částic, tj. pro povrchový fraktál, je $\alpha \in (-3; -4)$; pro rozhraní tvořené např. velkým souborem částic rozptýlených po fraktálně „deformované“ ploše v objemu vzorku, tj. pro objemový, často nazývaný hmotnostní fraktál, nabývá rozptylový koeficient hodnot z intervalu $\alpha \in (-1; -3)$. Podle hodnoty rozptylového koeficientu je tedy možné rozlišit klasický objekt od povrchového a objemového fraktálu, a navíc určit dimenze D pro případy:

$$D_v = -\alpha \begin{cases} \text{objemový} \\ \text{(hmotnostní) fraktál} \end{cases} \begin{cases} \alpha \in (-1; -3) \\ D_v = (0; 3) \end{cases}, \quad (6)$$

$$D_s = 6 + \alpha \begin{cases} \text{povrchový fraktál} \\ \text{klasický povrch} \end{cases} \begin{cases} \alpha \in (-4; -3) \\ D_s = (2; 3) \\ \alpha = -4 \\ D_s = 2 \end{cases}, \quad (7)$$

Technika rozptylu pod malými úhly může poskytnout nejen kvalitativní informace o geometrické struktuře materiálu



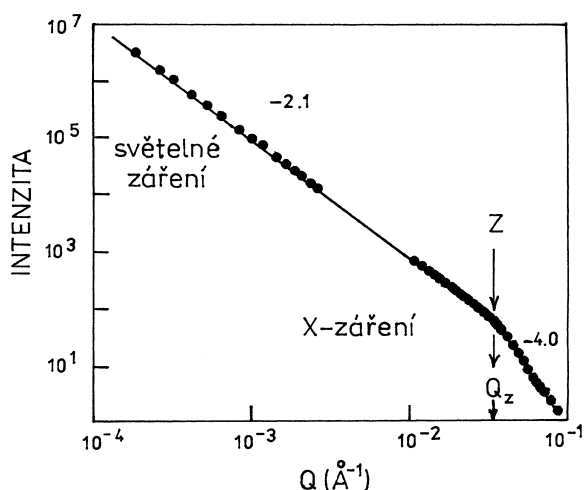
Obr. 1. Schéma spektrometru D11 z Ústavu Laue-Langevina v Grenoblu [5]

lu, ale může nabídnout také kvantitativní údaje o procentním zastoupení objektů dané škály v jednotce objemu vzorku nebo velikost specifického povrchu studovaných objektů na jednotku hmotnosti vzorku apod.

Interpretace spekter

Zvláštní důležitost popsané techniky spočívá v její schopnosti vzájemně rozlišit objemové a povrchové fraktály a určit jejich dimenze. Následující obrázky doplňují předešlý výklad o konkrétní měření na různých vzorcích.

Na obrázku 2 je znázorněn průběh intenzity v závislosti na rozptylovém vektoru Q v bilogaritmických souřadnicích. Rozptylujícím vzorkem je koloidní agregát SiO_2 . Aby bylo možné agregát prostudovat na celé jeho délkové škále, byl použit jednak světelný rozptyl (SALS), jednak rentgenovský rozptyl (SAXS).



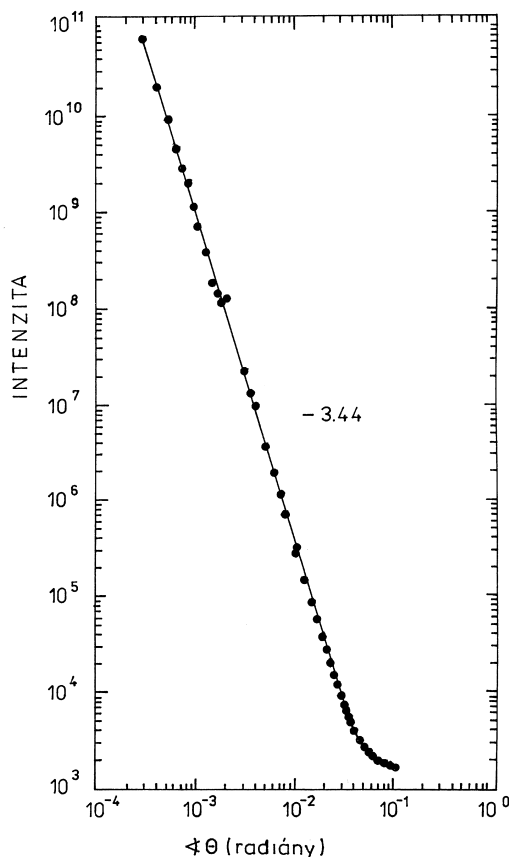
Obr. 2. Průběh intenzity záření rozptýleného vzorkem koloidního agregátu SiO_2 [12]

Graf je tvořen dvěma lineárními úseky, z nichž první má směrnici $-2,1$, druhý směrnici $-4,0$. První úsek představuje oblast objemového fraktálu $D_v = 2,1$, druhý oblast klasického, eukleidovského povrchu $D_s = 2$. Obě oblasti jsou v bodě Z odděleny zřetelným zlomem, který je vnitřním přerušením pro oblast objemového fraktálu, avšak pro oblast klasického povrchu je vnějším přerušením. Z hraniční hodnoty Q_z je možné odhadnout i velikost kompozitních částic, které vytvářejí objemový fraktál ($D_v = 2,1$).

Gyrační poloměr R_g kompozitních částic má hodnotu $R_g \approx 3/Q_z \approx 3/0,04 = 75$ Å. Povrch částic je mapován v oblasti ležící vpravo od bodu Z . Povrch není fraktálně členitý, což nevylučuje jeho případnou eukleidovskou členitost ($D_s = 2$).

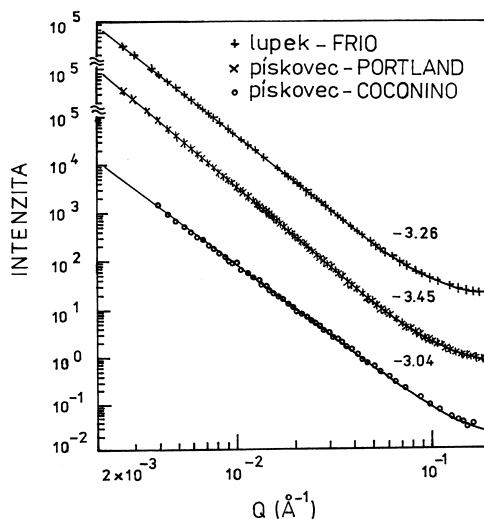
Na obrázku 3 je zachycena závislost intenzity na rozptylovém úhlu opět v bilogaritmických souřadnicích. Metodou SAXS je tu studován vzorek pórovitého lignitu. Měření provedli v roce 1984 H. D. Bale a P. Schmidt [4] a doplnili jej originálním teoretickým odvozením hodnot rozptylového exponentu α (7) pro povrchové fraktály. Jejich koncepce povrchových fraktálů, zahrnutá do teorie rozptylu pod malými úhly, vysvětlila jednoduchým způsobem v tehdejší době paradoxní hodnoty tohoto exponentu $\alpha \in (-3; -4)$; bez koncepce povrchových fraktálů vedou totiž exponenty z tohoto intervalu k hodnotám dimenzí $D_v > 3$, a to není u reálných objektů možné. Naměřená hodnota α u lignitu byla $-3,44$, což odpovídalo dimenzi povrchového fraktálu $D_s = 2,56$.

Fraktální oblast na grafu intenzity je reprezentována zřetelným lineárním průběhem, který pokrývá téměř tři řády rozptylového úhlu. Tento graf bývá uváděn v referujících statích jako klasická ukázka experimentálně zachyceného povrchového fraktálu.



Obr. 3. Průběh intenzity Roentgenova záření rozptýleného vzorkem pórovitého lignitu [13]

Na obrázku 4 je uveden graf závislosti intenzity neutronového svazku (SANS) na rozptylovém vektoru. Měření bylo prováděno na třech vzorcích pórovitých látek z různých lokalit: pískovec – Coconino, pískovec – Portland a lupek – Frio. Jde opět o povrchové fraktály s dimenzemi 2,96, 2,55 a 2,74.



Obr. 4. Průběh intenzity neutronového záření rozptýleného vzorky pískovců a lupku [14]

Fraktální mikrostruktura cementových koloidních agregátů

Hydratační reakce cementových systémů probíhají v koloidních roztocích [1]. Hydratace je velmi široký komplex chemických a fyzikálních pochodů, které mohou za různých reakčních podmínek vykazovat i alternativní modifikace. Častým jevem při koloidních reakcích je tvorba agregátů, které jsou formovány z výsledných produktů. Koloidní agregáty mají variabilní strukturu podle typu agregátního mechanismu i typu interakcí působících mezi agregátními částicemi produktů. Vykazují tak rozmanité fyzikálně chemické vlastnosti. Agregáty se spojitým rozložením koloidních částic jsou nazývány gely. Tuhé gely jsou hlavním hydratačním produktem cementových systémů. Jejich mikrostruktura silně ovlivňuje výsledné mechanické vlastnosti hydratovaných cementových směsí. Nezbytným předpokladem k úspěšnému studiu mikrostruktury cementových agregátních gelů je dobrá znalost všech hydratačních pochodů a produktů, jejichž detailní popis ovšem doposud chybí.

Hydratační produkty cementových systémů

Mezi koloidní agregáty patří technologicky velmi důležitá skupina tuhých tobermoritických gelů. Tobermorit je hlavní složkou hydratovaných cementových systémů a určuje ve značné míře i jeho mechanické vlastnosti. Tento vápenatý hydrosilikát se vyskytuje v několika modifikacích: od dokonalé krystalické formy, přes neúplnou polykrystalickou až po téměř amorfní formu.

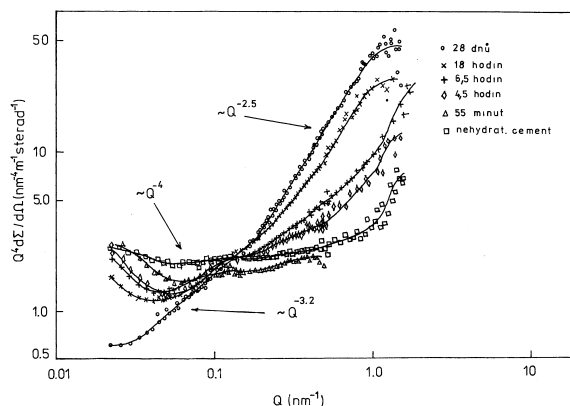
Amorfní tobermorit, tzv. C-S-H gel, je charakteristický pro cementové systémy. Omezíme-li se na běžné portlandské cementy, dalšími hydratačními produkty budou především vápenaté hydroalumináty C_4AH_6 , vápenaté hydroaluminofery C_6AFH_{12} , hydroxid vápenatý $Ca(OH)_2$, nízký (mono)síran $C_3A \cdot CaSO_4 \cdot H_{12}$ vzniklý transformací etringitu $C_3A \cdot 3CaSO_4 \cdot H_{32}$ a další minoritní látky. Hydratované cementové systémy jsou tedy složité vícefázové (heterogenní) soustavy, u kterých lze očekávat i komplikovanou pórovitost mikrostrukturu, tvořenou kompozitními částicemi přítomných fází. Pórovitost, tj. uspořádání kompozitních částic a samotný charakter těchto částic hydratované cementové pasty, je jedním z hlavních faktorů určujících její pevnost. Výzkum mikrostruktury hydratovaných cementových systémů, a zejména cementových gelů jako její hlavní složky, je proto v popředí zájmu výzkumných pracovišť.

Průměr pórů cementových gelů se rozprostírá přes délkovou škálu přibližně 1 nm až 1 μ m. Oblast větších pórů (30 nm až 1 μ m) je přístupná klasickým porozimetrickým metodám, např. typu rtuťové intruzimetrie nebo dusíkové adsorpční metodě, takže byla prostudována nejdříve. Výsledky ukázaly poměrně rovnoměrné, polydisperzní rozdělení pórů. Oblast menších, submikronových pórů (1 až 30 nm) je však pro klasické porozimetrické metody stěží dostupná, a proto bylo započato s jejím výzkumem až po rozšíření novějších, netradičních metod, k nimž patří i rozptylové metody. Rozptylové metody odhalily nové geometrické vlastnosti mikrostruktury cementových gelů na submikronové škále. Zasloužila se o to především výzkumná skupina harwellských laboratoří v Anglii [2] svými experimentálními pracemi publikovanými v průběhu osmdesátých let. Jejich hlavní přínos je v dynamickém zachycení hydratačního procesu metodou SANS a v následné fraktální interpretaci naměřených údajů.

Experimentální studium fraktální mikrostruktury cementových gelů

Výzkumná skupina harwellských laboratoří prováděla měření na standardních portlandských cementech včetně různých příměsí. Jejich základním zkoumaným vzorkem byl však portlandský cement bez příměsí smíchaný s destilovanou vodou. Vzniklá cementová pasta byla vpravena do optické dózy rozptylového spektrometru a po následných časových intervalech prováděno měření. V první etapě hydratace (0 až 1 h) bylo prováděno měření s časovým krokem 4 minuty, ve druhé etapě (1 až 24 hodiny) s krokem 1 hodina a ve třetí etapě (24 hodin až 28 dnů) provedli dvě expozice, a to po 2 a 28 dnech od počátku hydratace. Tím vznikl dosti podrobný, dynamický obrázek hydratačního procesu zachycený rozptylovou metodou. Vzhledem ke krátkým intervalům mezi jednotlivými měřeními v první etapě bylo třeba použít spektrometru s dost intenzivním primárním svazkem neutronů, aby byla zajištěna co nejkratší expoziční doba jednotlivých měření, a tím i regulérnost měření v úvodní etapě hydratace. Uvedenému požadavku vyhovoval spektrometr D1 1 (obr. 1), pomocí kterého byla provedena většina měření.

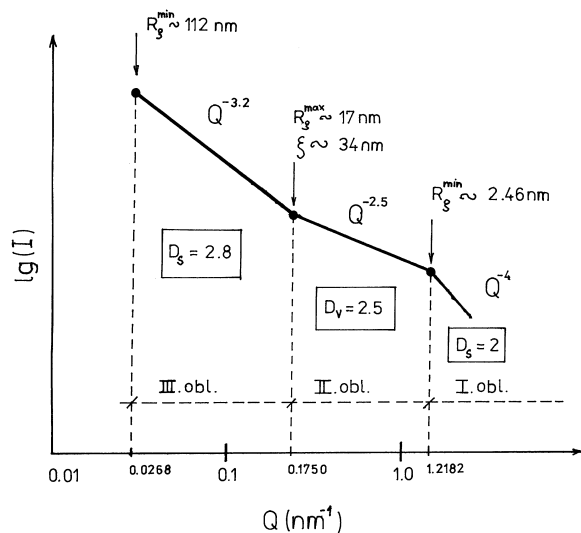
Na obrázku 5 je šest vybraných grafů z celé naměřené kolekce. Graf vyznačený čtverečky přísluší nehydratovanému cementovému prášku. Jeho průběh je po celé délce téměř vodorovný, což odpovídá porodovské směrnici $\alpha = -4$ ($D_s = 2$); na straně velkých hodnot Q ovšem prudce narůstá a jeho směrnice je téměř stejná jako u 28denního hydratovaného cementu (graf tvořený kroužky). Vysvětlení je přirozené: následkem atmosférické vlhkosti dochází k částečné hydrataci menšího podílu cementového prášku (při skladování apod.), a tento podíl pak vykazuje stejné vlastnosti jako celkově hydratovaný vzorek.



Obr. 5. Průběh intenzity neutronového záření rozptýleného vzorky cementu v různých stadiích hydratace [5]

Další graf (vyznačený trojúhelníky) náleží první hydratační etapě. Je na něm patrné mělké minimum u malých hodnot Q a mírný nárůst sklonu u větších Q . Tento trend dramaticky pokračuje u dalších tří grafů, které reprezentují druhou etapu hydratace (je pro ni charakteristická tvorba tobermoritického gelu a značné uvolňování hydratačního tepla). Po skončení druhé etapy dochází na grafech jen k malým změnám a po 28 dnech dostáváme graf již dosti vyvrálený, tuhé cementové směsi. Patrná je dlouhá lineární část ($\alpha = -2,5$), která se u větších hodnot Q ohýbá do vodorovného směru (Porodova oblast), a navíc je patrná také druhá lineární kratší část ($\alpha = -3,2$) u menších hodnot Q . Obě lineární části se liší hodnotou směrnice. První lineární část grafu odpovídá oblasti objemového fraktálu $D_v = 2,5$, zatímco druhá lineární část povrchového fraktálu $D_s = 2,8$.

Překreslíme-li schematicky průběh 28denního grafu, dostaneme schéma (obr. 6) rozdělené na tři intervaly, přičemž první interval představuje Porodovou oblast, druhý objemový fraktál a třetí povrchový fraktál. O objemovém fraktálu harwellská skupina předpokládá, že jej tvoří globule tobermoritického C-S-H gelu o průměru přibližně 5 nm. Velikost globulí stanovili rozptylovou metodou, a navíc své tvrzení opírají o snímky z elektronového mikroskopu [2]. Poloměr kompozitních globulí by měl odpovídat hodnotě vnějšího přerušení objemového fraktálu, což je na obr. 6 naznačeno bodem přechodu $R_g^{\min} \sim 2,4$ nm. Vnější přerušením je druhý bod přechodu $R_g^{\max} \sim 17$ nm, který odpovídá korelační délce $\xi = 2 R_g^{\max} = 34$ nm příslušného gelového agregátu. Harwellská skupina stanovila korelační délku pomocí numerického proložení naměřeného grafu víceparametrickou funkcí a obdržela srovnatelnou hodnotu 40 nm.



Obr. 6. Schéma průběhu intenzity neutronového záření z obr. 5 ve zjednodušených souřadnicích – výpočet gyračních poloměrů R_g a korelační délky ξ proveden podle vztahů

$$R_g^{\min} \approx \frac{3}{Q_{\max}}, \quad \xi = 2R_g^{\max} \approx \frac{6}{Q_{\min}}$$

Zatímco druhou oblast popisuje uspořádání kompozitních globulí v prostoru, první oblast odpovídá rozsahem své škály popisu jednotlivých globulí, resp. jejich povrchu. Tento povrch není vzhledem k hodnotě rozptylového exponentu $\alpha = -4$ ($D_s = 2$) fraktální, ale může být nanejvýše euklidovskými členitý. Oříškem zůstává třetí oblast, o níž lze zatím předpokládat, že popisuje opět povrch, tentokrát fraktální, některých kompozitních částic, jejichž gyrační poloměr je $R_g^{\min} \sim 100$ nm. Může jít např. o zbytková nehydratovaná slinková zrna na povrchu dekorovaná C-S-H gelem (harwellská interpretace [5]).

Zajímavá je také otázka mechanismu růstu agregátního C-S-H gelu ve formě objemového fraktálu s dimenzí $D_v = 2,5$ (II. oblast na obr. 6). Porovnáním s hodnotami dimenzí počítačových agregátů [1] lze zjistit, že se tato naměřená dimenze rovná fraktální dimenzi třírozměrného modelu DLA (Diffusion-Limited Aggregation). Ostatní třírozměrné počítačové modely DLCA (Diffusion-Limited Cluster Aggregation) a RLCA (Reaction-Limited Cluster Aggregation) dávají poněkud odlišné hodnoty dimenzí. Nápadný souhlas s modelem DLA vnuká myšlenku [5], zda agregace řízená difúzí není hlavním mechanismem růstu agregátního C-S-H gelu.

Otevřených otázek zůstává ještě celá řada, avšak u tak složitého heterogenního systému, jakým je hydratovaný cement, tomu ani jinak být nemůže. Současně lze říci, že studium mikrostruktury hydratovaných cementů prověřilo funkčnost metody rozptylu pod malými úhly i ve velmi složitých případech a prokázalo užitečnost použité fraktální koncepce.

Závěr

Technika, popsána v tomto článku ve spojení s koncepcí objemových a povrchových fraktálů, je schopna poskytnout cenné informace i o velmi složitých, heterogenních systémech, což bylo ukázáno na příkladu hydratovaného cementu. Technika rozptylu pod malými úhly – zatím jako jediná – dokáže rozlišit objemovou a povrchovou fraktalitu látky.

Z dosavadního vývoje v oblasti výzkumu mikrostruktury pórovitých látek se zdá, že nastoupená fraktální cesta společně s vhodnými experimentálními metodami může přinést řadu cenných informací o geometrickém uspořádání látek. Využití fraktální geometrie ve výzkumu mikrostruktury látek je jen jednou z velmi dlouhé řady nejrůznějších aplikací, které tato geometrie až doposud poskytla. Neobvykle široké aplikační možnosti vyplývají z její „přírodní“ podstaty. Fraktální geometrie se stala efektivní pomůckou k hlubšímu pochopení mnoha přírodních jevů.

Literatura

- [1] Ficker, T. – Němec, P.: Fraktální geometrie I – Fraktalita koloidních agregátů a pórovitých látek. *Stavební obzor*, **14**, 2005, č. 6, s. 178–182.
- [2] Hewlett, P. C. (editor): *Lea's Chemistry of Cement and Concrete*, 4th ed. Oxford, Butterworth-Heinemann 1990.
- [3] Taylor, H. F. W.: *Cement Chemistry*, 2nd ed. London, Thomas Telford 1997.
- [4] Ramachandran, V. S. – Beaudoin, J. J. (editors): *Handbook of Analytical Techniques in Concrete Science and Technology*. Norwich, William Andrew Publishing, LLC (Noyes Publications) 2001.
- [5] Allen, A. J. – Oberthur, R. C. – Pearson, D. – Schofield, P. – Wilding, C. R.: Development of the Fine Porosity and Gel Structure of Hydrating Cement Systems. *Philosophical Magazine B*, **56**, No. 3, 1987, pp. 263–288.
- [6] Janik, J. A. – Kurdowski, W. – Podsiadly, R. – Samseth, J.: Fractal Structure of C-S-H and Tobermorite Phases. *Acta Physica Polonica A.*, **100**, 2001, pp. 529–537.
- [7] Thomas, J. J. – Jennings, H. M. – Allen, A. J.: The Surface Area of Cement Paste as Measured by Neutron Scattering: Evidence for Two C-S-H Morphologies. *Cement and Concrete Research*, **28**, 1998, pp. 897–905.
- [8] Allen, A. J. – Livingston, R. A.: Relationship between Differences in Silica Fume Additives and Fine-Scale Microstructural Evolution in Cement Based Materials. *Advanced Cement Based Materials*, **8**, 1998, pp. 118–131.
- [9] Plassais, A. – Pomies, M. P. – Lequeux, N. – Boch, P. – Korb, J. P. – Petit, D. – Barberon, F.: Micropore Analysis by NMR in Hydrated Cement. *Magnetic Resonance Imaging*, **21**, 2003, pp. 369–371.
- [10] Issa, M. A. – Hammad, A. M.: Fractal Characterization of Fracture Surfaces in Mortar. *Cement and Concrete Research*, **23**, 1993, pp. 7–12.
- [11] Winslow, D. – Bukowski, J. M. – Young, J. F.: The Fractal Arrangement of Hydrated Cement Paste. *Cement and Concrete Research*, **25**, 1995, pp. 147–156.
- [12] Schaefer, D. W. – Martin, J. E. – Wiltzius, P. – Cannell, D. S.: Fractal Geometry of Colloidal Aggregates. *Physical Review Letters*, **52**, No. 26, 1984, pp. 2371–2374.
- [13] Bale, H. D. – Schmidt, P. W.: Small-Angle X-Ray Scattering Investigation of Submicroscopic Porosity with Fractal Properties. *Physical Review Letters*, **53**, No. 6, 1984, pp. 596–599.

[14] Wong, Po-Zen – Howard, J.: Surface Roughening and the Fractal Nature of Rocks. *Physical Review Letters*, 57, No. 5, 1986, pp. 637–640.

Ficker, T. – Němec, P.: Fractal Geometry II – Fractality of Cement Gels

This paper deals with the fractal structure of cement C-S-H gels. Their fractal dimension is determined by the method of scattering at small angles which makes it possible to distinguish between surface and volume fractality of the structure. Measurements have suggested that the smallest colloidal particles of these gels should be sought for on the nanometric scale – their size varies within a range of a few nanometres.

Ficker, T. – Němec, P.: Fraktale Geometrie II – Fraktalität von Zementgelen

Im Artikel wird die fraktale Struktur von Zement-C-S-H-Gelen behandelt. Deren fraktale Dimension wird durch die Methode der Streuung unter kleinen Winkeln bestimmt, die es gestattet, die Oberflächen- und Volumenfraktalität einer Struktur zu unterscheiden. Die Messungen haben angedeutet, dass die kleinsten kolloiden Teilchen dieser Gele auf der Nanometerskala gesucht werden müssen, denn ihre Größe bewegt sich bei einigen Nanometern.

● dizertace



Technologie a úprava bazénové vody

Ing. Bohumil Štastný

Dizertační práce je zaměřena na výměnný systém, dezinfekční činidla a vedlejší produkty dezinfekce bazénové vody. Výsledkem jsou experimentálně ověřené závěry využitelné při projektování a provozu veřejných i rodinných bazénů.

Matematické modelování obloukových přesypávaných konstrukcí

Ing. Karel Kunc

Práce přispívá k rozvoji složité problematiky interakce přesypávaných konstrukcí se zásypem. Má význam pro technologii, bezpečnost i ekonomiku tohoto typu konstrukcí.

Využití elektroosmózy k dodatečnému vysušování zdiva

Ing. Lukáš Balík

Autor se zaměřil na problematiku aplikace elektroosmotického jevu při odstraňování vlhkosti ze zdiva. Podrobně řeší transport vody v porézní struktuře stavebních hmot. Vlastními silami navrženou aparaturou provedl četná měření, která graficky vyhodnotil z hlediska elektroosmózy.

Česká betonářská společnost ČSSI ČBS Servis, s. r. o.

pořádají

BETONÁŘSKÉ DNY 2005

30. listopadu – 1. prosince

Kongresové centrum ALDIS, Hradec Králové

Odbornou úrovní, rozsahem programu i bohatou společenskou stránkou si konference postupně buduje významné postavení mezi tuzemskými akcemi v oboru stavebnictví. Cílem dvanáctých Betonářských dnů bude seznámit účastníky s novinkami v oblasti navrhování i provádění betonových konstrukcí.

Program

- blok vyzvaných přednášek
- významné realizace
- nové projekty a navrhování
- výzkum a nové materiály
- technologie a provádění
- pohledový beton a speciální design betonu
- filmy s tematikou betonu a betonových staveb

Přednášky budou probíhat paralelně ve dvou sálech, ve třetím budou po loňském úspěchu opět promítány odborné filmy a počítačové prezentace, tentokrát nejen tuzemské provenience, ale i filmy o významných světových stavbách z betonu zapůjčené ze zahraničí. Součástí odborného programu bude již osvědčená sekce posterů a tradiční dvoudenní výstava.

www.cbz.cz

Úhlová zrcadla Argus Eye pro totální stanice

Nové možnosti měření v architektuře

Dipl.-Ing. Matthias FUHRLAND
 Prof. Dr.-Ing. habil. Michael MÖSER
 Technická univerzita v Drážďanech
 Geodetický ústav

Příspěvek popisuje konstrukci, přesnost a možnosti použití zrcadlové soustavy Argus Eye, vyráběné firmou Argus GeoTech, GmbH. Při použití totální stanice s laserovým dálkoměrem s pasivním odrazem přípravek dovoluje vytyčovat, resp. zaměřovat body, které nejsou ze stanoviska stanice viditelné, měřením po odvěsných prostorového pravouhého trojúhelníku. Postup přináší zjednodušení a zlevnění měřických prací v exteriérech i interiérech členitých stavebních objektů.

vé pojmenování „Orthogonalspiegel“. (Poznámka překladatele: V době korektury zavedl výrobce nový název Argus Eye.) Tento přípravek dovoluje totální stanici (též univerzálnímu elektronickému teodolitu; elektronickému tachymetru) měřit délky „pravoúhle za roh“ (obr. 1), a určit tak s vysokou přesností souřadnice přímo neviditelných bodů. Pouzdro s dvojicí vysoce kvalitních zrcadel je na obr. 2.

Zrcadla versus hranoly

Klasické geodetické, tzv. vytyčovací (též úhlové) zrcátko (německy Winkelspiegel), při jehož použití svírají dopadající a vystupující paprsek pravý úhel, téměř ztratilo měřický význam. Zatímco v optických laboratořích je použití polohově rektifikovatelných zrcadel běžné, v geodezii se používají v případech, kdy má být dráha optického paprsku pravoúhle zalomena, pentagonální (pětiboké) hranoly [1]. Podmínku odklonu paprsku přesně o 100 gon při jakémkoli úhlu dopadu paprsku na čelní plochu splňují jen bezchybně vybroušené, opticky dokonalé hranoly, které však jsou v běžné praxi výjimkou. S ohledem na množství možných zdrojů chyb [2] udávají výrobci přesnost pentagonu při kolmém dopadu vstupujícího paprsku na stěnu hranolu hodnotou $1' 30''$, výjimečně u nejkvalitnějších hranolů hodnotou $30''$.



Obr. 1. Ukázka měření „za roh“

Německá firma Argus GeoTech, GmbH, využila klasický princip a vyvinula vysoce přesnou zrcadlovou sestavu s pravoúhlou změnou dráhy paprsku pro použití při elektrooptickém měření délek. Optické prvky jsou uloženy ve válcovém pouzdru, umožňujícím uchycení na lehkých geodetických stojanech (výtyčkách), určených např. pro odrazné hranoly elektronických dálkoměrů. Pro výrobek bylo v literatuře pro odlišení od funkcí a uspořádáním jiných konstrukcí, používaných i mimo geodetický obor, zavedeno no-



Argus Eye

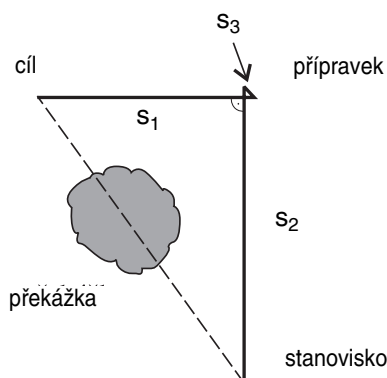
Konstrukce má proti pentagonu řadu výhod:

- poloha zrcadel může být justována s přesností $5 \mu\text{rad}$ ($1''$). Při sériové výrobě hranolů je taková přesnost výjimečná a finančně náročná;
- základem jsou dva samostatné, na povrchu reflexní skleněné nosiče. Proto zde neexistují jako zdroj chyb optické vlivy vstupních a výstupních čel hranolu (reflexe a zakřivení dráhy paprsku) a indexu lomu, významného v souvislosti s nepřesnostmi výbrusu;
- optická a geometrická dráha paprsku jsou identické. Naopak u pentagonálního hranolu je optická dráha delší, protože rychlost šíření světla ve skle je menší než ve vzduchu;
- poškození čel nebo těla hranolu vede k tomu, že je dále nepoužitelný, kdežto jednotlivé díly jsou výměnné.

Nevýhodou proti pětibokému hranolu je, že při stejné apertuře je pro zachování funkce (z důvodu odpadnutí lomu paprsku na čelech hranolu) omezen rozsah stočení vertikálního zrcadla horizontovaného přípravku (úhel α na obr. 4) proti dopadajícímu paprsku. Tato nevýhoda je částečně potlačena tím, že se pro různé aplikace nabízejí tvarem a velikostí různá zrcadla. Pro dále uvedená použití je tato nevýhoda nedůležitá, protože $\alpha = 0$.

Možnosti použití

Excentrické postavení je při polární metodě výjimečné, protože volit pro zaměření zakrytých (neviditelných) bodů nové stanovisko je při použití totální stanice jednoduché a časově nenáročné. Pokud by však nová stanoviska musela být opakovaně zřizována pro více bodů, bude velmi výhodné zřízení pasivního excentru právě pomocí výrobku firmy Argus GeoTech (v *obr. 3* „přípravek“).



Obr. 3. Princip měření

Pro postavení přípravku lze použít libovolný bod, z něhož je současně vidět na cíl i na stanovisko totální stanice tak, že cíl, stanovisko a přípravek leží ve vrcholech pravoúhlého trojúhelníku. Pravoúhlost zajišťuje konstrukce válce se zrcadly. Po zacílení na jeho svislou osu se určí orientační vodorovný úhel, délka s_2 mezi totální stanicí a válcem se změří pomocí reflexní fólie na spodním obvodu pouzdra (*obr. 2*). Zaměřením na cíl s využitím zrcadel přípravku lze změřit délku, která je součtem dílčích vzdáleností s_1 , s_2 a s_3 . Poslední z nich odpovídá hodnotě

$$s_3 = \frac{sv_{Hz}}{\sin \varphi},$$

kteřou je nutno číselně určit ze známé konstanty zrcadlového systému sv_{Hz} a svislého úhlu φ [3]. Pokud od měřené délky odečteme hodnoty $s_2/\sin \varphi$ a s_3 , získáme šikmou délku s_1 , kterou opět pomocí výškového úhlu φ redukuje na délku vodorovnou. Převýšení horizontu totální stanice a cílového bodu vypočteme vynásobením součtu dílčích délek hodnotou funkce cosinus svislého úhlu.

Podstatným rozdílem od běžného měření je to, že zacílení na zakrytý bod do značné míry závisí na obsluze pomůcky. Výhodou je použití totální stanice, emitující viditelný laserový paprsek, který signalizuje okamžitou polohu záměrné přímky.

Přesnost

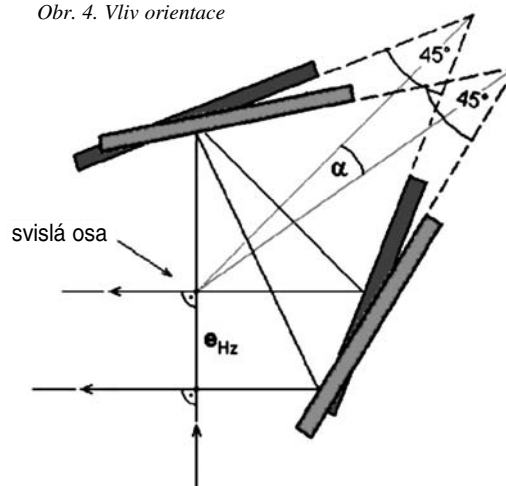
Pro popis odchylek záměrného paprsku je uvedená soustava zrcadel velmi názorná. Předpokladem je, že obě roviny zrcadel jsou svislé a svírají vzájemně úhel 50 gon (45°). Nesplnění těchto podmínek vzniká vertikální a horizontální (δ_V , δ_{Hz}) chyba justáže. Ve výrobě jsou omezeny na maximálně 1 obloukovou sekundu, ale nelze vyloučit dodatečnou dejstáž v důsledku nárazu nebo značných teplotních změn. Pro každodenní používání je proto vhodné pravidelně ověřovat, popř. justovat speciálně vyvinutými postupy [4]. Výrobní firma samozřejmě zajišťuje servisní služby.

Chybě v určovaných souřadnicích, vyvolané horizontální excentricitou e_{Hz} bodu pravoúhlého křížení paprsků, lze za-

bránit správnou orientací válce vůči totální stanici. Situaci přibližuje *obr. 4*. Pokud záměra prochází při přesném zacílení svislou osou přípravku, leží v ní při správné orientaci zrcadel i průsečík paprsků (černý paprsek). Při horizontálním stočení o úhel α se však posune průsečík paprsků o hodnotu vodorovné excentricity e_{Hz} . V případě $\delta_{Hz} \neq 0$ je vystupující paprsek posunutý a rovnoběžný s bezchybnou polohou.

Přesné zacílení totální stanice na svislou osu zrcadel ulehčují dobře viditelné záměrné hroty. Přípravek je správně orientován, pokud měřič vidí v zorném poli dalekohledu geodetického přístroje oba hroty na svislici nad sebou. Kromě toho je pouzdro vybaveno dvěma kolimátory, popř. kombinací dioptru a pětibokého hranolu, takže obsluha může snadno vyhledat jeho vhodné postavení. Závit pro uchycení na stojan nebo na teleskopickou hranolovou výtyčku (v obou případech s libelou) má rozměr 5/8 palce, k dispozici jsou však i různé redukce [5].

Obr. 4. Vliv orientace



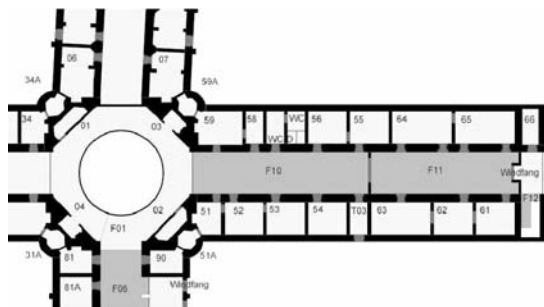
Nepřesná horizontace ovlivňuje především svislý úhel paprsku vycházejícího k cíli. Tím je ovšem ovlivněna i přesnost výpočtu převýšení a redukce na vodorovnou šikmou délku mezi pomůckou a cílem. Při strmých záměrech však není tento vliv zanedbatelný a při větších vzdálenostech nepostačuje ani horizontace pomocí krabicové libely. Pro tyto případy výrobce připravuje konstrukci se samočinným kyvadlovým urovnáním.

Příklady aplikací

Možnosti metody ilustrují následující příklady. K nejvýznamnějším patří měření v interiérech a vnějších prostorách stavebních objektů. Rozhodujícím přínosem je snížení počtu tachymetrických stanic. Ukázky pocházejí ze zaměření dvou budov TU Dresden.

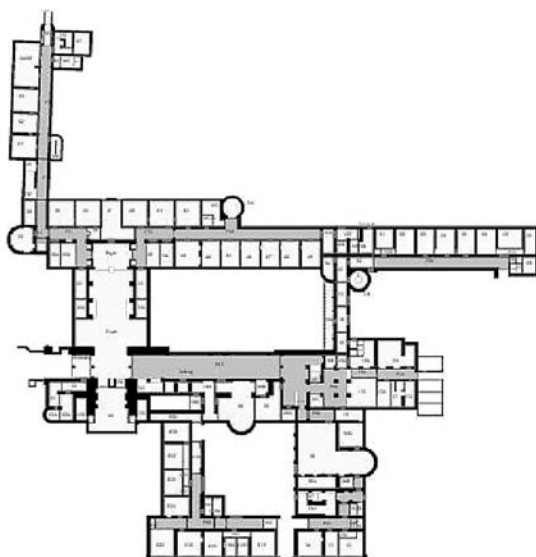
Šestipodlažní budova Hülsse-Bau je bývalou věznicí. Skládá se ze čtyř křídel, pojmenovaných po světových stranách, spojených centrální otevřenou částí se schodišti (*obr. 5*). Toto uspořádání zaručuje v každém podlaží přímou viditelnost mezi konci protilehlých křídel. Při instalaci soupravy do severo-jihní, případně západovýchodní osy byly při postupném pohybu podélně po chodbě přeneseny dveřními otvory do všech přilehlých místností orientační body. Ty byly zajištěny na protější zdi dočasnou samolepicí značkou s číslem, umístěnou na střed dopadající laserové stopy. Při měření uvnitř místnosti totální stanicí s dálkoměrem s pa-

sivním odrazem potom postačí zacílit orientační bod a původní postavení válce. Tímto postupem bylo ušetřeno na každém podlaží 40 ze 116 původně potřebných postavení měřického přístroje. Výhodou je vedle časové úspory zejména možnost odděleného měření orientačních bodů a detailního měření jednotlivých místností. Kromě toho je zapotřebí i menší počet stativů.



Obr. 5. Půdorys východního křídla budovy „Hülse-Bau“

Druhé testování posloužilo k pořízení podrobného plánu přízemí univerzitní budovy, nazývané Schumann-Bau. Obrázek 6 představuje kompletní půdorys, převzatý do informačního systému TU Dresden. Budova je zevnitř i z vnějšku značně členitá, takže měřicko-technické náklady klasického zaměření by byly enormně vysoké. Stanoviskové a orientační body byly dány jednak nucenou centrací stanice, jednak dočasnými samolepicími terči, osazenými opět pomocí přípravku. Jeho použití v tomto případě přineslo úsporu třetiny stanovišek.



Obr. 6. Půdorys východního křídla budovy "Schumann-Bau"

Měření s pasivním odrazem (o povrch stěn, tedy bez nutnosti použití odrazných fólií či hranolů dálkoměru) mohlo být v četných případech provedeno z chodby, takže totální stanice nemusela být uvnitř místnosti postavena. Měření bodů v rozích bylo nahrazeno zaměřením dvojic vhodných bodů na stěnách. Roh byl vykreslen a určen při počítačovém zpracování programem CAD. V exteriéru byla ušetřena také řada stanovišek, protože např. zakryté rohy, průjezdy, zakřivené průchody byly účelně zaměřeny pomocí ověřovaného přípravku. Na značně strukturované uliční i nádvorní fasádě byla excentricky zaměřena zhruba polovina bodů s prokazatelnou úsporou času měření.

Další možnou aplikací je trvalé sledování zakrytých bodů stavebních konstrukcí ve spojení s jinými optickými metodami (např. interferometrií) nebo s infračerveným měřením délek. Systém pro dlouhodobé sledování posunů a přetvoření v Klášterním chrámu (Klosterkirche) v Magdeburku je založen na použití motorizované totální stanice Leica TCR 2003 s automatickým vyhledáváním cílů. Pro observaci ze stanoviska neviditelných bodů jsou používány zmíněné přípravky a dvojice hranolů. Dosavadní výsledky jsou příznivé, systém funguje bez problémů.

Významnou výhodu nabízí použití při měření délek s pasivním odrazem v případě, kdy úhel dopadajícího paprsku a roviny objektu by byl tupý, povrch objektu tmavý, pohltivý, vzdálenost u horní hranice dosahu dálkoměru. Pomůckou se snadno změní úhel dopadu paprsku na objekt na úhel blízký pravému úhlu. Testy prokázaly značnou účinnost, takže excentrické postavení má v tomto případě význam, i když jinak by nebylo potřebné.

Závěr

Lze konstatovat, že použití tohoto nového výrobku firmy Argus GeoTech, GmbH, je zejména v oblasti měření stavebních objektů výhodné, šetří čas i náklady a dovoluje flexibilní organizaci pracovního postupu. Proto je již řada softwarových produktů pro totální stanice doplněna potřebným modulem.

V rámci projektu CTU 0513011 přeložil doc. Ing. Pavel Hánek, CSc., ČVUT – Fakulta stavební v Praze.

Literatura

- [1] Deumlich, F. – Staiger, R.: Instrumentenkunde der Vermessungstechnik, 9., přepracované vydání. Heidelberg, Wichmann Verlag 2002, s. 240.
- [2] Brandstätter, G.: Die Richtungsgenauigkeit von Pentaprismen. Österreichische Zeitschrift für Vermessungswesen und Photogrammetrie, 62, 1974, No. 1, pp. 16–24.
- [3] Fuhrland, M.: Das passive Exzentrums-Streckenmessung um die Ecke. Vermessungsingenieur, 2004, No. 6.
- [4] Fuhrland, M. – Neumann, G. – Schmidt, J.: Kalibrierung eines Orthogonalspiegels. Allgemeine Vermessungsnachrichten, 2005, No. 1.
- [5] www.argus-geotech.de

Stavební obzor na CD

Ročníky

2002, 2003 a 2004

ve formátu pdf si lze objednat u distributora,
popř. v redakci našeho časopisu

Cena:

1 ročník na CD
včetně krabičky a přebalu 400 Kč
poštovné + balné (dobírka) 100 Kč

Objednávky:

Ing. Milan Gattringer, MG DTP, Borovanská 3388,
143 00 Praha 4, tel./fax: 241 770 220,
e-mail: mgdtp@volny.cz

Fuhrland, M. – Möser, M.: Angular Mirrors for Total Stations – New Possibilities of Measurements in Architecture

This article describes the construction, accuracy and possibilities of exploitation of a mirror system-manufactured by the Argus GeoTech GmbH Company. When a total station with a laser distance meter with passive reflection is used, the system facilitates staking out or surveying points which are invisible from the point of view of the station by measuring along the cathetuses of a spatial right-angled triangle. This method makes surveying in both exteriors and interiors of articulated constructions easier and more economical.

Fuhrland, M. – Möser, M.: Winkelspiegel für Totalstationen – neue Möglichkeiten für Messungen in der Architektur

Der Beitrag beschreibt die Konstruktion, Genauigkeit und die Anwendungsmöglichkeiten eines von der Firma Argus GeoTech GmbH hergestellten Spiegelsystems. Beim Einsatz einer Totalstation mit Laser-Entfernungsmesser mit passiver Spiegelung gestattet das Mittel, durch Messung entlang der Katheten eines räumlichen rechtwinkligen Dreiecks Punkte abzustecken bzw. einzumessen, die die vom Standpunkt der Station aus nicht sichtbar sind. Das Verfahren bringt eine Vereinfachung und Verbilligung von Messarbeiten in Innen- und Außenbereichen gegliederter Bauobjekte mit sich.

• veletrhy



20. – 24. září

Pražský veletržní areál

Letňany

Mezinárodní stavební veletrh FOR ARCH si vybudoval za šestnáct let své existence patřičnou prestiž mezi evropskými stavebními veletrhy. V souvislosti se vstupem České republiky do Evropské unie byl zaznamenán zvýšený ohlas nejen tuzemských, ale i zahraničních firem. Zahraniční vystavovatelé považují Českou republiku za bránu na trhy východní Evropy, strategická poloha hlavního města Prahy v srdci Evropy je z tohoto pohledu velmi výhodná. Nárůst je patrný i mezi tuzemskými firmami, celkem tvoří v porovnání s loňským rokem téměř 12 %. Zájem vystavovatelů souvisí nejen s tradiční velkou oblibou veletrhu mezi návštěvníky, ale pravděpodobně i s růstem českého stavebního trhu.

Hlavním doprovodným programem je pod záštitou Ministerstva průmyslu a obchodu konference „Energetická náročnost staveb“. Ve výběru konferenčních témat je kladen důraz na zavádění energetické certifikace budov jako nástroje veřejné informovanosti o energetické kvalitě budov pro bydlení a terciární sektor. Cílem je prezentovat změny platné od ledna 2006 při výpočtech spotřeby primární energie v budovách a způsob zpracování energetického certifikátu budovy ve smyslu směrnice 2002/91/ES Energy Performance in Buildings Directive.

Stejně jako v předchozích ročnících proběhnou soutěže Stavba roku, Dopravní stavba roku, GRAND PRIX pro nejlepší exponáty, Zlatá pečeť a Soutěž učňů stavebních oborů.

www.forarch.cz

• zprávy

Centrála pro Nestlé

Modřanský průmyslový areál, kde se ještě nedávno vyráběla čokoláda, mění nový majitel, největší tuzemská realitní skupina SEKYRA Group, v centrálu koncernu Nestlé pro Českou a Slovenskou republiku. Administrativní budova za zhruba 500 mil. Kč, kterou potravinářské společnosti pronajme, začne sloužit v létě příštího roku. V moderním kancelářském objektu s pěti nadzemními a dvěma podzemními podlažími a téměř 10 tis. m² využitelných ploch najde zaměstnání přes 300 zaměstnanců. Prosklenému domu ve tvaru U, otevřeného k Vltavě, bude dominovat atrium s vodní plochou a zelení, propojené přes všechna patra. Bezbariérové velkoprostorové kanceláře budou otevřeny do vnitřní části budovy. V podzemí vznikne přes 140 parkovacích míst, další na povrchu.



Nevzhledný průmyslový areál se změní v moderní komplex s upraveným okolím. Výstavba centrály potravinářského koncernu Nestlé je jen první etapou zhodnocení zhruba sedmihektarového areálu. V příštích letech by zde chtěla společnost SEKYRA Group postavit na 250 bytů a další kanceláře. Budoucí řešení Belarie Office Parku, jak se nový projekt nazývá, však bude záviset zejména na poptávce trhu.

Rezidenční výstavba v této lokalitě by měla být podle investora úspěšná. Areál se nachází poblíž Vltavy s dostatkem zeleně, spojení do centra je výborné jak MHD, tak vlastním dopravním prostředkem. Nedaleké golfové hřiště se má v budoucnu ještě rozšířit. Vede tudy cyklistická stezka a přes řeku je závoďiště v Chuchli. Nové projekty by pomohly nastartovat revitalizaci celé lokality a přitáhnout další investory. Cílem projektu, který by měl být podle představ investora a dlouhodobého nájemce dokončen okolo roku 2010, je toto území zatraktivnit.

Tisková informace

Investor: SEKYRA Group, a. s.
 Developer: SG Property, s. r. o., člen skupiny SEKYRA Group
 Architekt: Ing. arch. Martin Kotík, atelier Omicron K
 Generální dodavatel: Metrostav, a. s., Divize 6
 Předpokládaná investice: 2 mld. Kč

Integrovaný dopravní systém Olomouckého kraje

Ing. František KUDA, CSc.
VŠB – Fakulta stavební, Ostrava
Ing. Vladimír NÁVRAT
Ing. Šárka WITTICHOVÁ
UDI Morava, s. r. o., Ostrava

Příspěvek se zabývá záměrem zavést na území Olomouckého kraje jednotný integrovaný dopravní systém postupným rozšířením a prohloubením stávajícího systému. Uvádí možnosti vytvoření integrovaných dopravních systémů na principu kooperace původně konkurenčních druhů dopravy.

Úvod

Doprava je jedním z nejdůležitějších prvků ovlivňujících ekonomickou a sociální úroveň oblasti, ve které působí. Na jedné straně jsou její vlivy na okolí negativní jak z ekologických (emise, hluk, zábor půdy apod.), tak ekonomických důvodů, kdy náklady na dopravu zvyšují nároky na výrobu a život obyvatel. Na druhé straně je rozvoj dopravy silně svázán s růstem životní úrovně v jednotlivých oblastech, a je tedy nutno efektivně minimalizovat negativní účinky dopravy na okolí v souladu s potřebami území a jeho dalším rozvojem. Nezbytným předpokladem je stanovení správné strategie dalšího vývoje dopravního systému. Integrované dopravní systémy se stávají v podmínkách České republiky fenoménem současnosti. Dlouholeté zkušenosti ze zemí západní Evropy potvrzují správnost tohoto způsobu organizace veřejné dopravy, a proto je logické (ale rovněž odpovědné) postupovat ověřenou cestou.

Vývoj dospěl do stadia, kdy se ukázala jako nezbytná volba nové strategie, označovaná někdy jako princip *push and pull*. Podstatou je podpora všech opatření, která omezují automobilovou dopravu (*push-effect*), např. regulace nabídky statické dopravy v exponovaných částech městských center, a současně posilování opatření ke zvýšení atraktivnosti dopravy šetřící životní prostředí – veřejné, osobní, pěší a cyklistické (*pull-effect*) tak, aby byla zvýšena konkurenceschopnost automobilové dopravy, např. kvalitní obsluha hromadnou dopravou s vazbou na záchytná parkoviště, preference MHD. Zajištění bezporuchového provozu veřejné osobní dopravy se neobejde bez aktivní účasti orgánů státní správy a samosprávy. S přihlédnutím k charakteru území je nezbytné vytvořit návrh opatření k dosažení vytčených cílů.

Podmínkou pro zvyšování efektivnosti a atraktivnosti veřejné osobní dopravy je budování regionálních integrovaných dopravních systémů (IDS). Rozhodující jsou systémová opatření zaměřená na uspořádání dopravní infrastruktury, management a podporu dopravy šetřící životní prostředí. Příspěvek se zabývá městskou hromadnou dopravou i mimo hranice města jako součástí IDS Olomouckého kraje a možnostmi vytváření těchto systémů na základě kooperace původně konkurenčních druhů dopravy.

Integrace veřejné dopravy osob

Po dohodě s orgány státní správy a samosprávy obcí a krajů je možné v území realizovat integrovaný dopravní sys-

tém. Definují a umožňují to předpisy:

- zákon č. 111/1994 Sb., o silniční dopravě ve znění posledních předpisů;
- zákon č. 266/1994 Sb., o drahách;
- vyhláška Ministerstva dopravy a spojů ČR č. 175/2000 Sb., o přepravním řádu pro veřejnou drážní a osobní dopravu;
- výměr Ministerstva financí ČR č. 01/2005, kterým se vydává seznam zboží s regulovanými cenami, a to definicí podmínek plnění přepravní smlouvy více dopravci.

Veřejnou osobní dopravu v rámci systému zajišťují autobusová doprava jednotlivě nebo společně, nebo společně s dopravci v jiném druhu dopravy, nebo samostatní dopravci provozující více druhů dopravy, pokud se podílejí na plnění smlouvy podle přepravních a tarifních podmínek.

Hlavní cíl

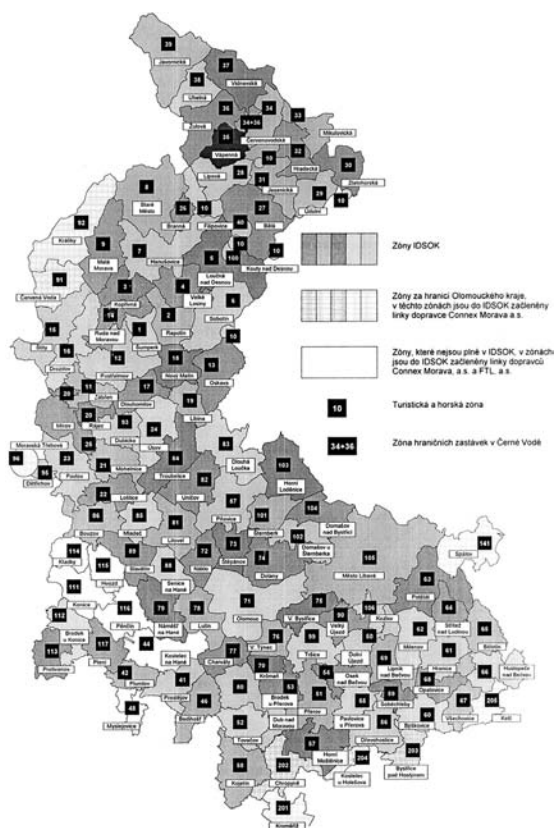
Smyslem vytvoření integrovaného systému hromadné dopravy osob v širších městských aglomeracích České republiky je zajištění takového systému, který uspokojí přepravní potřeby obyvatel a návštěvníků regionu, tj. poskytne dostatečně kvalitní a cenově přístupnou nabídku potenciálním zákazníkům. V praxi to znamená nabídku společného jízdního dokladu (přestupních jízdenek) bez ohledu na provozovatele dopravy a vzájemnou časovou i prostorovou koordinaci prostředků jednotlivých druhů dopravy participujících na IDS, tedy optimalizovat dopravní proces. Rozhodujícím kritériem by měla být efektivní dostupnost cílů cest [5]. Výsledkem musí být vždy zlepšení služeb ve veřejné dopravě, zejména stabilizace nabídky sítě a zlepšení její kvality pro cestující, prostorové, časové a tarifní provázání jednotlivých systémů, stabilizace, popř. zvyšování počtu cestujících, především těch, kteří nejsou jednoznačně zaměřeni na využívání individuální automobilové dopravy, optimální stanovení ceny za cestu, aby byla konkurenceschopná individuální dopravě, zjednodušení odbavení cestujících při výrazně vyšším využívání předplatních jízdenek, dokonalejší informování cestujících prostřednictvím médií, zprůhlednění a zjednodušení předpisů i tarifů, podpoření iniciativního přístupu k veřejné dopravě, jednoznačné seznámení veřejnosti s právy a povinnostmi při cestování veřejnou dopravou, přehlednější a účelnější využívání vkládaných finančních prostředků, omezení vlivů na zhoršování životního prostředí.

Prostředky

Základem IDS je kolejová doprava (popř. trolejbusová), na kterou navazují autobusové linky obsluhující území bez kolejové dopravy a sloužící pro návoz do přestupních stanic. Souběžné vedení kolejové a autobusové dopravy je omezeno. Teoretickým východiskem je jednotný přestupný tarif pro co největší území, v němž spoje jezdí v pravidelných (snadno zapamatovatelných) intervalech, preference vozidel IDS před automobily, samostatné jízdní pruhy, přednost na řízených křižovatkách atd. Předpokladem vybudování funkčního IDS je zejména optimalizace provozu s vytvořením jednoduchého dopravního systému vzájemně pro-



Obr. 1. Mapa Olomouckého kraje



Obr. 2. Mapa IDSOK

vázaných linek, zajištění dopravních spojení podle navrhovaných standardů kvality dopravní obslužnosti, sjednocení smluvních přepravních podmínek v řešené oblasti, sjednocení nebo alespoň sblížení tarifních podmínek a jízdného ve všech dopravních systémech zapojených do systému, využití moderních médií pro odbavení cestujících, jednoduché provozní označení vozidel do systému začleněných (čísla linek, logo IDS), jednotný informační systém (knižní jízdní řád, informační letáky, internetové stránky atd.) doplňkové služby systémy Park&Ride a Bike&Ride, možnost nakupování ve větších stanicích atd.

Výhody

Kvalitní systém působí jako velmi účinný prostředek ve snaze omezit individuální automobilovou dopravu. Pro větší účinek je vhodné ho kombinovat s dalšími opatřeními – podporou návazných druhů dopravy (pěší chůze, cyklistiky), restrikcí automobilismu (redukci parkovacích míst v centru města, nahrazením vybraných silnic pěšími zónami s možností vjezdu hromadné dopravy a cyklistů atd.). Výsledkem je snížení podílu automobilové dopravy na celkovém objemu dopravy, což znamená zejména menší zamoření ovzduší exhalacemi, snížení hluku a záboru veřejného prostranství, nákladů na budování infrastruktury pro automobily, zvýšení bezpečnosti a celkové pohody obyvatel.

Zastavení úbytku cestujících a jeho postupného nárůstu lze dosáhnout změnou přístupu, zejména umožněním cestovat ve všech prostředcích IDS na jeden jízdní doklad včetně přestupů mezi jednotlivými linkami a dopravními systémy, sjednocením přepravních a tarifních podmínek na celém území zařazeném do systému, snížením ceny, především při kombinaci dopravních systémů, např. linkové autobusové dopravy a MHD, zvýhodněním předplatních jízdních dokladů, jejichž využívání vede ke stabilizaci sítě veřejné osobní dopravy a zmírnění sezónních i denních výkyvů v počtu přepravených osob, zlepšením informovanosti cestujících.

IDS Olomouckého kraje

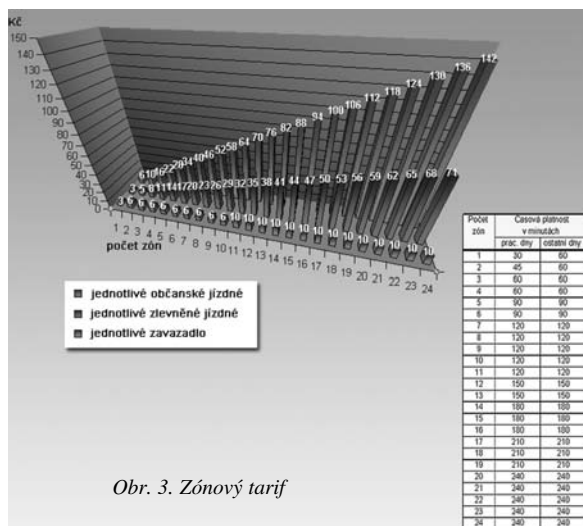
Systém byl připravován a budován postupně formou izolovaně fungujících IDS s omezeným počtem zón a linek ve vybraných samostatných oblastech v tomto časovém sledu:

- 1995 počátek přípravy;
- 1.1.1997 zprovoznění na dvou trasách v Olomouci a v jeho nejbližším okolí (IDOS);
- duben 1998 rozšíření (celkem pět tras z Olomouce) vč. optimalizace linek MHD v Olomouci;
- 1999 rozšíření do Litovle;
- srpen 2003 začlenění dalších obcí na stávajících linkách do IDOS.

Dále probíhala příprava a realizace v oblastech Šumperska (postupně od ledna 2000 do 1.7.2003), Přerovska a Hranicka (postupně od ledna 2001 do 1.1.2004), Jesenicka (od 1.7.2003), Olomoucka (transformace IDOS do IDSOK a zbytek území od 3.4.2004), Prostějovska (postupně od 1.1.2003 do 1.5.2004). Geografická specifika jsou patrná z obr. 1.

V současnosti je systém (obr. 2) realizován ve 103 zónách na území Olomouckého kraje (celkem je plánováno 105 zón a v navazujících zapojených oblastech je 13 zón). Soustředuje:

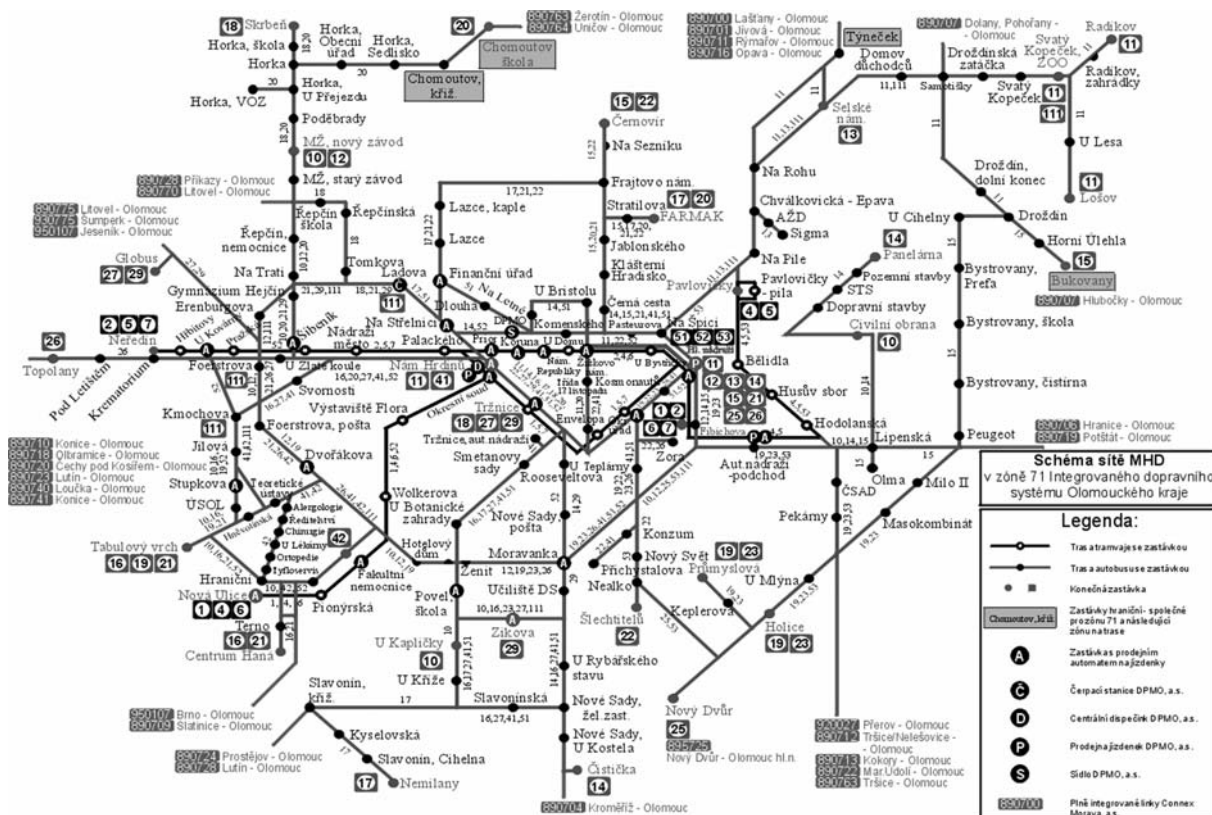
- 289 linek (veřejné linkové dopravy a linek MHD) a 5 regionálních tratí z celkového počtu 421 linek, tj. 67 %;



Obr. 3. Zónový tarif

- 310 obcí s 600 tis. obyvateli.
- veřejnou linkovou dopravu s charakterem místní/příměstské a dálkovou autobusovou dopravu, městskou hromadnou dopravu ve všech městech kraje (Olomouc, Přerov, Prostějov, Hranice, Lipník nad Bečvou, Šumperk, Zábřeh), regionální železnici – Železnice Desná (ve správě Svazku obcí v údolí Desné), regionální železnice ČD, a. s. (od 1.1.2005 trať 294, 295, 296 a 292 v úseku Lipová Lázně – Jeseník);
- okresy Olomouc, Šumperk, Jeseník, Přerov, Prostějov (část území);
- dopravce Connex Morava, a. s. (provozuje autobusovou i železniční dopravu), DPMO, a. s., FTL – First Transport Lines, a. s., OVD, s. r. o., ČD, a. s.

Obr. 4. Schéma sítě IDSOK



Zónový tarif (obr. 3) je vzhledem ke své variabilitě a demografii řešeného území vhodný nejen pro celé území Olomouckého kraje, ale i pro případné propojení se sousedními kraji. Volba velikosti, rozmístění a počtu zón vychází zejména ze zvoleného zónového tarifu, demografie území, respektuje ekonomiku systému a dopravní vztahy. Na území Olomouckého kraje jsou navrženy dopravně tarifní zóny, vymezující území, ve kterých se cestující mohou pohybovat za jasně stanovených a přijatelných podmínek (viz Smluvní a přepravní podmínky IDSOK a Tarif IDSOK (úplné znění včetně seznamů linek, tarifních zón, zastávek, prodejních míst je možné vyhledat na internetových stránkách kraje nebo jednotlivých dopravců (mimo ČD, a. s.). Ceny pro zóny s provozem MHD a druhy jízdenek s vyznačením možností jejich použití uvádí tab. 1. Vozidla dopravců začleněných do systému jsou označena logem IDSOK.



Hodnocení

Po zavedení IDSOK byla jednotlivá území vyhodnocována jak z hlediska ekonomického, tak i vývoje počtu cestujících. V Olomouckém kraji bylo v systému veřejné dopravy v rámci IDSOK za první pololetí 2004 vykonáno cca 33 341 tis. cest (PAD Jeseník, PAD Šumperk, PAD Přerov, PAD Olomouc, linky FTL, a. s., PAD Prostějov, Železnice Desná, MHD Šumperk, Zábřeh, Olomouc, Přerov a Lipník nad Bečvou, tzn. mimo MHD Hranice a Prostějov – lze jen velmi přibližně odhadnout počet cest na MHD v Hranicích a Prostějově na 1 650 tis. cest za pololetí). Z toho cca 58 % z celkového počtu cest v IDSOK bylo realizováno na území zóny 71 Olomouc (obr. 4).

Současně bylo vyhodnoceno využití jednotlivých druhů jízdních dokladů. Z analýzy vyplývá, že došlo k častějšímu využívání předplatních dokladů, především měsíčních. Tento fakt je pozitivní, neboť podporuje pravidelné cestující a vede ke stabilizaci systému veřejné dopravy.

Rozvoj systému

Cílem je zlepšení informovanosti cestujících, využití elektronických médií a propojení grafických a datovýchází. Další rozvoj IDSOK je zaměřen na zapojení dalších dopravců, především v okrese Prostějov, a dalších regionálních tratí ČD a zlepšení efektivnosti odbavení cestujících v prostředcích veřejné dopravy.

Závěr

Zavedení integrovaného dopravního systému v nejbližších letech umožní Olomouckému kraji přispět k řešení jednoho z rozhodujících rozvojových úkolů, tedy zásadně posílit flexibilitu olomoucké aglomerace i celého kraje a celkově prohloubit efektivnost a účinnost vnitroregionálního dopravního systému. Úkolem pro další období je hledání vyváženého přístupu v souladu s principy udržitelného rozvoje a také udržitelné (přijatelné) dopravy, který by měl zajistit přínos v oblasti ekonomické, životního prostředí i celospolečenské. Dopravu je třeba chápat jako komplex vzájemně se doplňujících subsystémů, využívajících výhod a minimalizujících nevýhody jednotlivých dopravních subsystémů a prostředků. Pozici veřejné osobní dopravy v Olomouckém kraji má posílit marketing směřující k realizaci dopravně tech-

nických cílů kraje a přispívat k prezentaci kraje jako celku.

Investiční rozvoj, zejména dopravního skeletu, je vždy záležitostí dlouhodobou a finančně velmi náročnou. Proto je pochopitelné, že i Olomoucký kraj preferuje řešení dopravních problémů cestou organizačních změn, neboť nejsou zpravidla investičně příliš náročné a řešení lze nalézt v kratších časových horizontech.

Záměr Olomouckého kraje zavést na celém svém území jednotný integrovaný dopravní systém postupným rozšířením a prohloubením stávajícího integrovaného dopravního systému je přes četné proklamace z jiných krajů ojedinelý tým, že je jeho naplnění v dohledné době reálné. Mezi městy, obcemi, dopravci, a především cestujícími, totiž existuje poměrně významné povědomí o podstatě a smyslu integrované dopravy, což další rozvoj značně usnadňuje.

Literatura

- [1] Horáková, J. – Kuta, V.: Vnitroregionální dopravní problémy Ostravska. [Sborník], mezinárodní konference TRANSPORT '99, Ostrava, 1999.
- [2] Kuta, V.: Rozvoj ostravské aglomerace a doprava. [Sborník], mezinárodní konference TRANSPORT 2000, Ostrava, 2000.
- [3] Kuda, F. – Stejskal, A.: Integrovaný dopravní systém Moravskoslezského kraje. [Sborník], mezinárodní vědecká konference Mobilita '04' 9". SvF STU Bratislava, 2004, s. 34.
- [4] Kuda, F. – Návrat, V. – Wittichová, Š.: Integrovaný dopravní systém Olomouckého kraje. [Sborník], mezinárodní konference o veřejné osobní dopravě, Bratislava, 2004, s. 136–141.
- [5] Vonka, J.: Osobní doprava. [Učební texty], DFJP UP Pardubice, 2004.

Kuda, F. – Návrat, V. – Wittichová, Š.: Integrated Transportation System of the Olomouc Region

This article deals with the plan of the Olomouc region authorities to establish a unified integrated transportation system in the whole region by gradually widening and broadening the current integrated transportation system (IDSOK). Furthermore, it discusses the problems of creating integrated transportation systems that operate on the principle of cooperation of formerly competitive types of transport in the Olomouc region.

Kuda, F. – Návrat, V. – Wittichová, Š.: Integriertes Verkehrssystem des Kreises Olomouc

Der Beitrag befasst sich mit der Absicht, schrittweise ein einheitliches integriertes Verkehrssystem im Kreis Olomouc durch eine Erweiterung und Intensivierung des bestehenden Systems einzuführen. Es werden Möglichkeiten der Gestaltung integrierter Verkehrssysteme auf Grund einer Kooperation ursprünglich sich konkurrierender Verkehrsarten angeführt.

TECHNICKÝ SLOVNÍK NAUČNÝ

Projekt největšího výkladového slovníku z oblasti techniky za poslední půlstoletí se úspěšně uzavřel.

OSMÝ - POSLEDNÍ - SVAZEK JIŽ VYŠEL

Technický slovník naučný o celkovém rozsahu **330 AA** zahrnuje ve svých **8 svazcích** na celkem **3 711 stránkách** téměř **40 000 hesel**, která jsou průběžně doplněna **2 481 černobílými ilustracemi** a **130 tabulkami**. V každé knize je **8 stran** barevné přílohy s celkem **453 tematicky zaměřenými ilustracemi**. Dílo zachycuje celou současnou techniku a technologii i související teoretické obory. Obrací se k zájemcům o rychlou, kvalitní a aktuální informaci z těch technických oborů, kde nejsou odborníky, zdůrazňuje novinky, ale uvádí i starší terminologii, stručnou historii se zaměřením na příspěvek českých odborníků a nejruznější zájmovosti z jednotlivých oborů techniky.

VY, KTERÍ JSTE SI POSTUPNĚ KUPOVALI JEDNOTLIVÉ SVAZKY, SI JISTĚ KOUPITE I TENTO POSLEDNÍ!
VY, KTERÍ JSTE ZA TĚM VÁHALI - MOŽNÁ NEDŮVĚŘOVALI, ŽE DÍLO BUDE DOKONČENO -

kupte celý Technický slovník naučný najednou za ceny, které s rostoucími rozsahy jednotlivých svazků rostly:

1. svazek 390 Kč	3. svazek 410 Kč	5. svazek 410 Kč	7. svazek 490 Kč
2. svazek 410 Kč	4. svazek 410 Kč	6. svazek 410 Kč	8. svazek 550 Kč

Při osobním odběru v redakci Encyklopedického domu, pro knihovny a školy **sleva 10 %**.
Při nákupu celého díla obdržíte dárek z dílny našeho vydavatelství. Informujte se na adrese
Encyklopedický dům, s.r.o., Prvního pluku 8-10, 186 30 Praha 8, tel. 224 918 831, fax 224 920 576 a na stránkách www.encyklopedie.cz

Sestavování propočtových ukazatelů pro rekonstrukce staveb k bydlení

Ing. Alena JANOŠÍKOVÁ
Ing. Dana ČÁPOVÁ
ČVUT – Fakulta stavební
Praha

Propočtové ukazatele jsou důležitou pomůckou pro dodavatele, projektanty a investory, kterým slouží k co nejpřesnějšímu odhadu budoucích nákladů stavby ve stadiu plánování investice, tvorby studií a návrhů, tedy v době, kdy ještě není rozhodnuto o definitivní podobě stavebního díla.

Ukazatele průměrné orientační ceny na měrnou a účelovou jednotku, které vydává inženýrská a poradenská organizace ÚRS Praha [1], se týkají převážně novostaveb. Náklady na rekonstrukce a novostavby se však výrazně liší jak celkovou výší, tak rozložením do jednotlivých stavebních oddílů a profesí. Samostatné ukazatele pro rekonstrukce staveb pro laickou veřejnost zatím neexistují. Všechny uvedené rozborů se týkají pouze posouzení základních rozpočtových nákladů staveb. Přitom není pohlíženo na konkrétní podmínky, ve kterých je objekt stavěn. Při stanovení celkové ceny stavebního díla je však nezbytné zakalkulovat i náklady zařazené do ostatních hlav, např. projektové práce či jiné náklady.

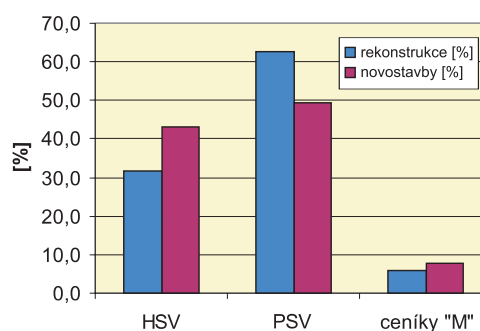
Již při řešení základních koncepcí rekonstrukce chce investor znát předběžnou cenu díla. Propočet stavby je odhad nákladů, který se zpracovává ve fázi předprojektové přípravy (investiční záměr, projektová dokumentace pro územní řízení) a slouží k tomu, aby mohl ekonomicky rozhodovat a řídit rozsah budoucí stavby (rekonstrukce) s ohledem na možnosti a efektivnost jejího financování. Výpočet nákladů vychází pouze ze zjištění objemových ukazatelů stavby (obestavěného prostoru, délky trasy, zastavěné plochy apod.) a použití technicko-hospodářských, resp. rozpočtových ukazatelů, popř. vlastních ukazatelů z již realizovaných staveb. Přesnější ukazatele, které by byly použitelné pro stanovení orientační ceny díla pro rekonstrukce, však zatím neexistují. Cenu rekonstrukce stavby je tedy možné stanovit až v době, kdy už je vypracovaná projektová dokumentace.

Stávající technicko-hospodářské ukazatele [2] jsou dále členěny na stavební části (konstrukce) jako procentní podíl jedné konstrukce na celkové ceně. Z tohoto poměru je možno zjistit pravděpodobné ceny jednotlivých oddílů a profesí oceňované stavby. Ceny takto určené jsou průběžně aktualizovány podle údajů získaných z praxe a zpracovávány v různých cenových úrovních z hlediska času (např. c. ú. 1989). Mezi jednotlivými úrovněmi je možné ceny přepočítávat indexy. Cenové indexy [3] jsou koeficienty vyjadřující pohyb mezi různými cenovými úrovněmi.

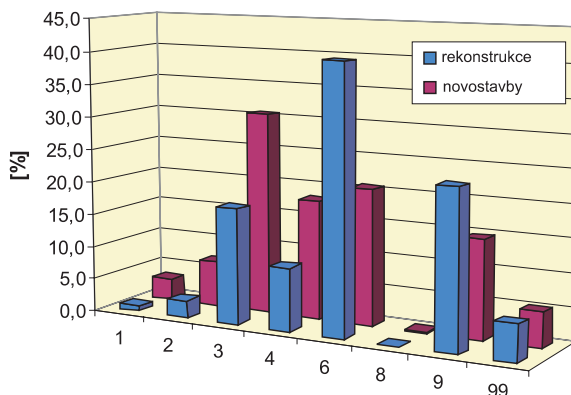
Porovnání skladby nákladů staveb

Výsledky rozborů několika staveb a jejich technicko-hospodářských ukazatelů jsou zřejmé z obr. 1 a obr. 2.

U rekonstrukcí jsou náklady na zemní práce a základy velmi nízké. Pokud nedochází ke změně půdorysu stavby nebo k sanaci základů, jsou nulové. Velký rozdíl mezi rekonstrukcemi a novostavbami je v nákladech na svislé nosné konstrukce, které mají poměrně dlouhou životnost a při přestavbě objektu se obvykle jen mírně opravují, popř. se vyzdí nové příčky, zatímco při výstavbě objektu tvoří jednoznačně největší podíl z nákladů hlavní stavební výroby.



Obr. 1. Porovnání skladby nákladů na rekonstrukci a novostavbu

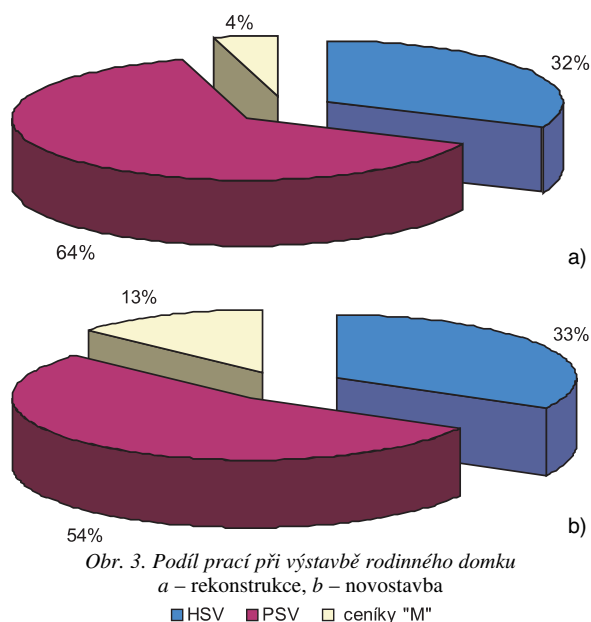


Obr. 2. Porovnání jednotlivých skupin dílů hlavní stavební výroby

Největší podíl těchto nákladů při rekonstrukci tvoří díl 6 – úpravy povrchů, podlahy. Náklady dílu 9 jsou vyšší u rekonstrukcí, zvláště vzhledem k velkému podílu bouracích prací. Náklady na přesun hmot jsou podle očekávání v podstatě stejné. Skladbu nákladů u rekonstrukcí a novostaveb znázorňuje obr. 3.

Zpracování ukazatelů pro rekonstrukce

Náklady na rekonstrukce mohou být podle rozsahu prováděných prací natolik rozdílné, že jediný ukazatel na 1 m³ obestavěné plochy by byl nepřesný. Řešením tedy bude takový ukazatel „součtový“, který bude zohledňovat předpokládaný rozsah prací. Základem je ukazatel pro běžnou rekonstrukci pohybující se od 2 100 do 2 600 Kč/m³. Dále je třeba definovat otázky – hlavní parametry, které mají podstatný vliv na celkovou cenu stavby a podrobněji stanovit



Obr. 3. Podíl prací při výstavbě rodinného domku
a – rekonstrukce, b – novostavba

■ HSV ■ PSV ■ ceníky "M"

rozsah prací, čímž upřesňují základní ukazatel na 1 m³ obestavěné plochy:

- **mění-li se půdorys objektu/přístavby**, náklady na zemní práce, zakládání, svislé i vodorovné konstrukce se přiměřeně zvýší, a to o 150–350 Kč/m³;
- **zásah do nosných konstrukcí stropu** se projeví zvýšením nákladů ve všech dílech hlavní stavební výroby o 600–800 Kč/m³;
- **se změnou výšky budovy či zásahu do nosné konstrukce krovu**, tj. v případě nástavby, vestavby a kompletní rekonstrukce střechy a jejího zateplení, náklady stoupnou o 450–600 Kč/m³. Stupeň rekonstrukce střechy závisí především na jejím stavu, a také na případném požadavku podkrovní vestavby, která leckdy mění tvar krovu. Pokud se vyměňuje jen krytina a latě, jde o jednoduchou střechu, kterou navíc není třeba zateplovat, pak budou náklady na střešní konstrukci vyšší o cca 200 Kč/m³;
- **nadstandardní vybavení stavby** zvýší náklady o 250 až 500 Kč/m³;
- **u budov s vysokými stropy** se náklady na 1 m³ snižují, tzn. odečet 200–300 Kč/m³ obestavěné plochy.

Aplikace ukazatelů fiktivní stavby

Příklad výpočtu stavby s nadstandardním vybavením, která se od průměrné rekonstrukce liší tím, že má složitou střechu, u které se vyměňují i nosné prvky, uvádí tab. 1. Ukazatel pro tento objekt by byl 3 200 Kč/m³ obestavěné plochy.

Tab. 1. Příklad výpočtu ukazatelů fiktivní stavby

Konstrukce	Náklady [Kč/m ³]
základ	2 300
střecha	500
nadstandard	400
celkem	3 200

Takto stanovené ukazatele přesněji vystihují předpokládané náklady staveb především již ve fázi koncepcí řešených staveb, tedy při rozhodování o tom, zda rekon-

struovat a v jakém rozsahu. V této fázi může investor ještě snadno upravit původní záměry a přizpůsobit technické řešení stavby svým požadavkům a finančním možnostem. Pokud je zvýšení ceny vyvoláno špatným technickým stavem některých konstrukcí, zvláště pak stropů či krovu, může se jim investor jen těžko vyhnout. Má-li objekt sloužit svému účelu i nadále, není možné tyto konstrukce neopravovat. Cenu rekonstrukce však může ovlivnit i vybavení stavby. Tady již záleží jen na investorovi, zda zvolí standardní, nebo nadstandardní provedení

Právě v tomto ohledu je důležité zpracování „součtového“ ukazatele, který ukazuje jak průměrné náklady na základní rekonstrukci, tak o kolik se náklady změní při značně odlišném rozsahu rekonstrukce. Investor jasně vidí, o kolik více ho bude stát nadstandardní provedení, a může v přípravné fázi kvalifikovaně zvážit, zda je to v jeho finančních možnostech.

Literatura

- [1] Ukazatele průměrné orientační ceny na měrnou a účelovou jednotku (c. ú. 2005). ÚRS Praha, 2005.
- [2] Ukazatele průměrné rozpočtové ceny na měrnou a účelovou jednotku (c. ú. 2004). ÚRS Praha, 2004.
- [3] Cenové zprávy. ÚRS Praha.

Janošíková, A. – Čápková, D.: Compilation of Costing Indicators for Reconstruction of Residential Buildings

Costing indicators are an important tool of contractors, designers and investors. They are used for most accurate assessment of future construction costs during the stage of planning capital costs, creating surveys and designs. It means at the time when the final appearance of the construction has not been decided yet.

Janošíková, A. – Čápková, D.: Zusammenstellung von Kalkulationskennziffern für die Erneuerung von Wohnungsbauten

Kalkulationskennziffern sind ein wichtiges Hilfsmittel für Auftragnehmer, Planer und Bauherren, denen sie zum genauesten Überschlag der künftigen Baukosten im Stadium der Planung einer Investition, der Erarbeitung von Studien und Entwürfen, also zu einer Zeit dienen, in der noch nicht über die endgültige Form des Bauwerks entschieden ist.

J. Sechterová, J. – Serafín, P. – Vandl, V.

Zadávání staveb podle zákona č. 40/2004 Sb., o veřejných zakázkách, ve znění pozdějších předpisů

Arch, Praha, 2005, 160. s., 171 Kč

Publikace je výkladem zákona č. 40/2004 Sb., o veřejných zakázkách, ve znění pozdějších předpisů, se zaměřením na veřejné zakázky na stavební práce. Zabývá se především pojmem veřejná zakázka na stavební práce, zadávací dokumentací stavby, druhy zadávacích řízení a jejich průběhem, kvalifikací dodavatelů a hodnocením nabídek. Je určena pro zadavatele veřejných zakázek i dodavatelskou sféru.

● polemika

Politicky proti údajnému zpolitizování povodní

polemika k článku „Povodně a politika“
SO 5/2005

Tak průhledně zaujatou filipiku na obhajobu organizací společených na řešení situace při průchodu mimořádné povodně v r. 2002 na přehradě Orlík, jakou představuje zmíněný článek prof. Broži, těžko dnes v technicky zaměřených textech nalézat. Když bychom měli za to, že (přirozené) prosazování zájmu instituce nebo organizace na úkor věcných zjištění je politickým přístupem, pak článek „Povodně a politika“ prof. Broži přiblížení technickému obsahu problému správnosti manipulace na uvedené přehradě neprospívá, nýbrž naopak jej ještě více „politicky“ mlží.

Odhlédnete-li od „Závěru“ článku (kde jsou jen reminiscence na jiný článek jiného autora o situaci v povodí horního Labe před 25 léty, a potom poukaz na nijak blíže specifikovaný přístup A. Danilevského k řešení povodně v Uruguayi), uvádí prof. Broža souhrn svých tezí nad závěrem v pěti odřázkách (dále v uvozovkách zestručnělá jejich citace a následně po dvojtečce vlastní komentář):

- „... naplnění nádrže bylo v souladu s požadavky schválených manipulačních řádů – možno říci z hlediska povodní dokonce lepším“...: Byly tedy, nebo nebyly, požadavky oněch manipulačních řádů správné (z hlediska bezpečného převedení povodní)?
- „...manipulace na nádržích probíhaly v duchu stanovených pravidel a v součinnosti s krizovými štáby ...“: V čem a proč se však vymkly stanoveným pravidlům ...?
- „V době kulminace povodně na VD Orlík v důsledku výpadku elektrárny zaviněného extrémními povodňovými jevy nebylo možno odtok z nádrže dále řídit, což však mělo příznivý účinek na maximální povodňový odtok“ (!): Takto vrcholí rezignace buď na postup podle závazného provozního předpisu, jakým je manipulační řád, nebo na dodatečné vyhodnocení jeho správnosti. Obojí nemohlo současně nastat. Výpadek průtoku turbinami v množství až 600 m³s⁻¹ rozhodně nemohlo znamenat zlepšení podmínek pro ovlivnění odtoku z nádrže.
- „Dodatečné podrobné hodnocení manipulačních možností nádrží na Vltavě za povodně v srpnu 2002 prokázalo, že na průběh povodně níže na toku nemohly mít patrný vliv“: Toto tvrzení je pravděpodobně realistický závěr, který měl být odborným článkem věcně přiblížen a argumentován namísto politizující sofistiky některých okolností.

– „V průběhu povodně byly sledovány a vyhodnocovány jevy, které potenciálně mohly ovlivňovat bezpečnost vodních děl – v souladu s fungujícím systémem technicko-bezpečnostního dohledu ...“: Je to pouhá proklamace základní zákonem určené povinnosti správců vodních děl. Z čeho je však vyvozováno, že technicko-bezpečnostní dohled byl systémový a fungoval? Vždyť zvýšením maximální („přípustné“) hladiny v orlické nádrži o 1,6 m se snížila spolehlivost ve stabilitě tohoto objektu na společensky nepřijatelnou míru (protože protřžení přehrad by znamenalo citelné znásobení katastrofy v Praze). Jaká opatření k zabezpečení přehrad byla tehdy skutečně učiněna, to by mohlo být obohacující zkušeností.

Posledně komentované inženýrské činnosti – technicko-bezpečnostnímu dohledu nad vodními díly (zkratkou TBD) – se článek prof. Broži věnuje na obecné úrovni obšírněji, jakoby právě mimořádná povodeň ukazovala na její zásluhy o to, že stav přehrad zůstal pod kontrolou. Z článku jsme se nicméně nedozvěděli nic o zásadním problému – totiž jak v průběhu monitorování objektů vltavské kaskády se měnila jejich aktuální spolehlivost. Jsem dokonce přesvědčen o tom, že to není známo dosud. Vždyť organizace, která tuto činnost monopolně zajišťovala tehdy jako příspěvková a dnes jako zprivatizovaná akciová společnost, dosud není vybavena současnými prostředky ani organizačními (podle přejetých evropských norem o kvalitě inženýrských služeb třetí strany), ani technickými (od měření na objektu počínaje, spolehlivostním vyhodnocením konče). To vše díky tentokrát výrazně „politickému“ vlivu resortu Ministerstva zemědělství ČR, který příslušnému podniku – Vodní díla-TBD, a. s., dává opakovaně výlučné pověření pro tuto činnost a správci děl si ji musí objednávat „povinně“. To je skutečně situace, která ovšem nezbytně vyvolává otazníky „politického“ rázu. Neměli bychom se však spíše zajímat, jak byly překročeny ve výsledcích měření stanovené mezní deformace Orlíku během povodně, než o to (byť v logickém kontextu), o kolik a komu se zvětšily dividendy z akcií VD-TBD?

Ing. Milan Štěpánský, CSc.
aut. inž. pro vodohospodářské stavby
a pro zkoušení a diagnostiku staveb

Vyjádření autora článku

Mohu místopřísežně prohlásit, že motivace pro můj příspěvek Povodně a politika v č. 5 Stavebního obzoru byla zásadně odlišná od představ vyjádřených v polemice Ing. M. Štěpánského, CSc.

V podstatě mi šlo o to, že informace o průběhu povodně v srpnu 2002 na VD Orlík, resp. Kamýk, získané vlastním průzkumem na místě a výsledky vlastních řešení mě přivedly k jednoznačnému závěru, který jsem publikoval. Ten potvrdily další práce v rámci rozsáhlého úkolu pod vedením Výzkumného ústavu vodohospodářského TGM (v gesci Ministerstva životního prostředí ČR). Proto jsem upozornil úřad

Nejvyšší státní zástupkyně, že další zkoumání vlivu manipulací na vltavských vodních dílech za povodně v srpnu 2002 na zaplavení pražského metra nemá smysl.

Pokud jsem v souvislosti s povodněmi ocenil pracovníky TBD, pak proto, že oni byli iniciátory rozborů, posudků, návrhu směrnic a dalších prací zaměřených na zvýšení bezpečnosti přehrad za povodní (zhruba od r. 1990).

To je to podstatné, všechno ostatní, co autor polemiky uvádí, se věcně k mému příspěvku nevztahuje.

prof. Ing. V. Broža, DrSc.

STAVEBNÍ OBZOR

RO NÍK 14 ÍSLO 08/2005

Navigace v dokumentu

OBSAH

Dolejš, J. Chování sp ažených ocelobetonových nosníků z vysokopevnostních materiálů	225
Lemák, D. – Koiš, R. – Studnička, J. Vliv tuhosti uložení na chování ocelového rámu	230
Křívka, P. Metoda odhadu ochranného potenciálu pro hodnocení systém protipovodňových opatření v ucelených povodích	234
Vedralová, A. – Horvathová, V. – Kos, Z. Vodohospodářské dopady změny klimatu a Kjótský protokol	239
Tydlitát, V. – Tesárek, P. – Kunca, A. – Černý, R. – Rovnaníková, P. Vliv mletého cihelného štěrku jako pucolánové přísady na vlastnosti vápenné omítky	244
Pospíšil, J. – Štroner, M. Moderní geodetické technologie a přístroje pro laserové skenování	249

8 • 2005

ročník 14

STAVEBNÍ OBZOR

pozemní stavby
dopravní stavby
vodohospodářské stavby
geotechnika
konstrukce a materiály
technologie
životní prostředí
geodézie a kartografie
mechanizace
informatika
ekonomika
software



Fakulta stavební
ČVUT v Praze



Česká komora autorizovaných
inženýrů a techniků



Český svaz
stavebních inženýrů



Fakulta stavební
VUT v Brně



Fakulta stavební
VŠB TU-Ostrava

OBSAH

Dolejš, J.

Chování sprážených ocelobetonových nosníků z vysokopevnostních materiálů 225

Lemák, D. – Koiš, R. – Studnička, J.

Vliv tuhosti uložení na chování ocelového rámu 230

Křivka, P.

Metoda odhadu ochranného potenciálu pro hodnocení systémů protipovodňových opatření v ucelených povodích 234

Vedralová, A. – Horvathová, V. – Kos, Z.

Vodohospodářské dopady změny klimatu a Kjótský protokol 239

Tydlitát, V. – Tesárek, P. – Kunca, A. – Černý, R. – Rovnaníková, P.

Vliv mletého cihelného střeptu jako pucolánové příměsi na vlastnosti vápenné omítky 244

Pospíšil, J. – Štroner, M.

Moderní geodetické technologie a přístroje pro laserové skenování 249

CONTENTS

Dolejš, J.

Behaviour of Composite Beams Made of High Strength Materials 225

Lemák, D. – Koiš, R. – Studnička, J.

Effects of the Stiffness of Embedding on the Steel Frame Behaviour 230

Křivka, P.

Methodology of Protective Potential Estimation for Assessment of Flood Protecting Measures Systems in Entire River Basins 234

Vedralová, A. – Horvathová, V. – Kos, Z.

Water Management Impacts of Climate Change and Kyoto Protocol 239

Tydlitát, V. – Tesárek, P. – Kunca, A. – Černý, R. – Rovnaníková, P.

Effect of Ground Brick Ceramics as Pozzolanic Admixture on Properties of Lime Plaster 244

Pospíšil, J. – Štroner, M.

Modern Geodetical Technologies and Devices for Laser Scanning 249

INHALT

Dolejš, J.

Das Verhalten von Stahlbeton-Verbundträgern aus hochfesten Materialien 225

Lemák, D. – Koiš, R. – Studnička, J.

Einfluss der Auflagesteifigkeit auf das Verhalten eines Stahlrahmens 230

Křivka, P.

Methode zur Schätzung des Schutzpotenzials für die Bewertung von Systemen des Hochwasserschutzes in ganzen Einzugsgebieten 234

Vedralová, A. – Horvathová, V. – Kos, Z.

Auswirkungen der Klimaveränderung auf die Wasserwirtschaft und das Kyoto-Protokoll 239

Tydlitát, V. – Tesárek, P. – Kunca, A. – Černý, R. – Rovnaníková, P.

Der Einfluss von Ziegelmehl als Puzzolanbeimischung auf die Eigenschaften von Kalkputz 244

Pospíšil, J. – Štroner, M.

Moderne geodätische Verfahren und Geräte zum Laserscannen 249

REDAKČNÍ RADA**Předseda:**

prof. Ing. Jiří STUDNIČKA, DrSc.

Místopředseda:

doc. Ing. Alois MATERNA, CSc.

Členové:

Ing. Miroslav BAJER, CSc.

doc. Ing. Pavel HÁNEK, CSc.

Ing. Jiří HIRŠ, CSc.

doc. Ing. Vladimír JELÍNEK, CSc.

Ing. Jana KORYTÁROVÁ, PhD.

Ing. Karel KUBEČKA

Ing. Petr KUNEŠ, CSc.

doc. Ing. Ladislav LAMBOJ, CSc.

doc. Ing. Ivan MOUDRÝ, CSc.

doc. Ing. Jaroslav NOVÁK, CSc.

doc. Ing. Luděk NOVÁK, CSc.

doc. Ing. Miloslav PAVLÍK, CSc.

prof. Ing. J. PROCHÁZKA, CSc.

Ing. Vlastimil ROJÍK

Ing. Karel SVOBODA

doc. Dr. Ing. Miloslav ŠLEZINGR

Ing. Ludvík VÉBR, CSc.

doc. Ing. Josef VITÁSEK, CSc.

prof. Ing. Jiří WITZANY, DrSc.

Ing. Renata ZDAŘILOVÁ

STAVEBNÍ OBZOR, odborný měsíčník, vydává Fakulta stavební ČVUT Praha společně s Fakultou stavební VUT Brno, Fakultou stavební VŠB TU Ostrava, Českou komorou autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě a Českým svazem stavebních inženýrů. Řídí redakční rada, vedoucí redaktorka Marcela Klímová. Adresa redakce: Thákurova 7, 166 29 Praha 6, tel./fax: 224 354 596, klimova@fsv.cvut.cz, http://web.fsv.cvut.cz/obzor. Vychází každý měsíc kromě července a srpna, cena za výtisk je 40 Kč včetně DPH (+ poštovné a balné). Objednávky odběru i reklamace přijímá Ing. Milan Gattringer, MG DTP, Borovanská 3388, 143 00 Praha 4, tel./fax: 241 770 220, e-mail: mgdtp@volny.cz. Odběr je možné zrušit až po vyčerpání zaplaceného předplatného. Inzerce adresujte redakci. Technická redakce a realizace: Ing. Milan Gattringer. Podávání novinových zásilek povoleno Ředitelstvím pošt Praha, č. j. NP 144/1994, ze dne 21. 10. 1994. Do sazby 8. 9. 2005. Nevyžádané rukopisy se nevracejí.

INDEX 47 755, ISSN 1210-4027

Chování spřažených ocelobetonových nosníků z vysokopevnostních materiálů

Dr. Ing. **Jakub DOLEJŠ**
ČVUT – Fakulta stavební
Praha

Spřažený nosník z vysokopevnostního betonu v kombinaci s vysokopevnostní ocelí představuje moderní konstrukční prvek. Chování těchto nosníků se ovšem od chování nosníků z běžných materiálů často odlišuje a zatím není dostatečně prozkoumáno. Předkládaný článek popisuje dvě zkoušky nosníků z těchto materiálů, které byly zaměřeny na studium spřažení a ověření ohybové únosnosti.

Úvod

Článek se týká chování spřažených ocelobetonových nosníků vytvořených z materiálů vysokých pevností.

Cenový rozdíl mezi ocelí S460 a ocelmi standardních jakostí je dnes již poměrně malý (u spol. Arcelor v červenci 2005 to bylo např. mezi S235 a S460 jen okolo 10 %) a dostupnost profilů z S460 se v poslední době výrazně zlepšila. Přestože se v mnoha případech jeví používání ocelí vyšších pevností jako velmi výhodné, v praxi je řídkým jevem. Příčinu lze možná hledat i v tom, že platná ČSN P ENV 1994-1-1 [2] standardně počítá pouze s druhy S235, S275 a S355. Teprve letos vydaná norma ocel S460 uvádí jako standardní materiál. Jedním z důvodů určité zdrženlivosti v zavádění nových druhů oceli jsou malé znalosti o jejich chování.

Použití ocelobetonových prvků, tvořených i betonovou částí s vysokou pevností, může být výhodné zejména pro návrh prvků s nedostatkem konstrukčního prostoru. Proti oceli je ovšem cenový rozdíl mezi betony běžných a vysokých pevností stále řádově vyšší.

Spřažené ocelobetonové nosníky se dnes většinou navrhují podle plastické teorie. Vysokopevnostní materiály se vyznačují specifickými pevnostně přetvárnými vlastnostmi. Obecně platí, že tažnost se snižuje se zvyšující pevností oceli. Při plastickém návrhu je dostatečná tažnost materiálu závažným hlediskem. Vzniká tedy otázka, zda a do jaké míry je u takto sestavených prvků možné používat návrhové postupy stanovené v [2], resp. [3], vesměs založené na využití plasticity obou materiálů.

Dosavadní výzkum

Problematikou spřažených konstrukcí se zabývá několik evropských i světových pracovišť. Provádění experimentů s ocelobetonovými konstrukcemi je časově i finančně poměrně náročné, navíc kombinování vysokopevnostních materiálů

je záležitostí posledních několika let. I proto se poznatky o chování takových konstrukcí získávají jen pozvolna a závěry experimentů nebývají vždy jednoznačné. Nejvýznamnějším výzkumným programem v této oblasti byla práce skupiny s centrem v Aachenu, Institute of Steel Construction RWTH [1]. Na publikaci se podílelo několik evropských výzkumných týmů. Svým obsahem plně shrnuje problematiku možností použití oceli S460. Autoři sledovali několik problémů:

- stabilitní chování štíhlých stěn nosníků,
- chování ocelobetonových sloupů z vysokopevnostních materiálů,
- klopení ocelových nosníků,
- chování ocelobetonových nosníků z oceli S460 a běžného betonu,
- chování ocelobetonových nosníků z vysokopevnostních materiálů,
- možnost plastického návrhu konstrukcí z vysokopevnostních materiálů,
- únavu,
- přípoje,
- problémy spojené s výrobou.

Výzkum byl založen na experimentální bázi, výsledky zkoušek byly v některých případech porovnávány s numerickými modely. Zaměřme se dále jen na výsledky týkající se ocelobetonových konstrukcí z vysokopevnostních materiálů. Výzkum přinesl následující zjištění:

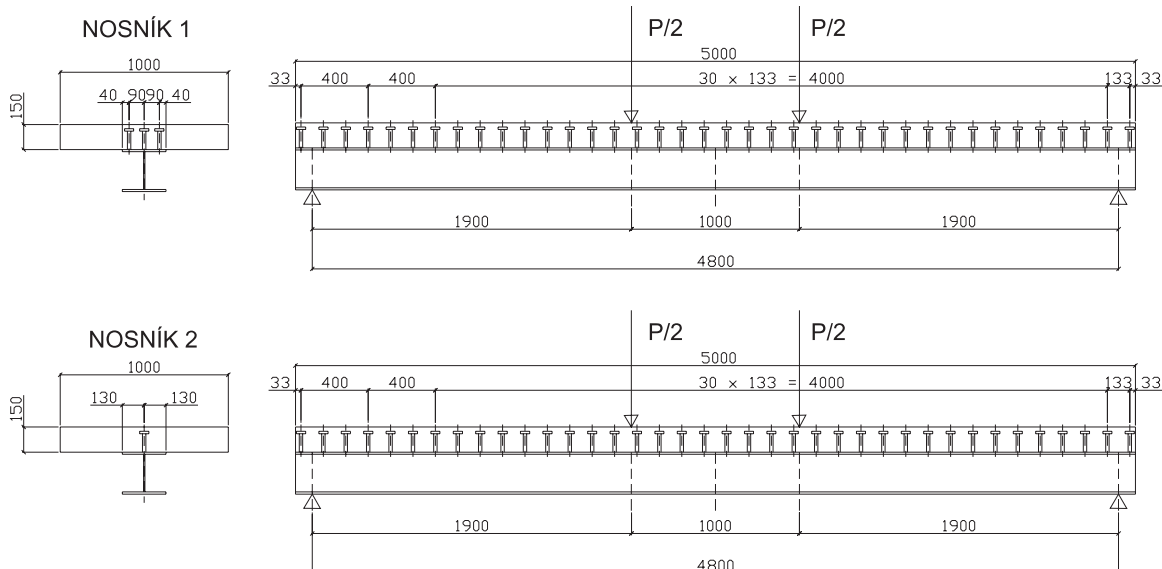
- omezení tlakových deformací betonu je nezbytné. Je třeba provést další testy. Prozatím se pro betony C70/85 a C80/95 toto omezení provizorně doporučuje zohlednit redukci pevnosti v tlaku na $0,7 f_{c,k}$;
- částečné spřažení je i u vysokopevnostních materiálů přípustné. Dosavadní zkoušky ukazují, že pokud se návrh provede podle pravidel daných [2], únosnost bude podhodnocena;
- trny mají být rozmístěny podle pružného průběhu sil;
- pravidla [2] pro výpočet návrhové únosnosti trnů musí být upravena, je nezbytné provést další testy;
- deformační chování spřažovacích trnů v betonu vysoké pevnosti je nepříznivé. Je nutné hledat možnosti zvýšení smykové deformace trnů v kvalitním betonu.

Protože i v České republice jsou k dispozici oceli S460 a betony vysoké jakosti (až C100/115), byl připraven na Fakultě stavební ČVUT v Praze výzkumný program, který si klade za cíl ověřit či doplnit předchozí závěry. Tvoří jej zejména experimentální postupy a jejich následná vyhodnocení. Zkoumány jsou spřažené nosníky různého stupně spřažení. První dva experimenty byly provedeny v roce 2004, další se plánují na roky 2005 a 2006.

Uspořádání experimentů

Byly provedeny dvě zkoušky prostého nosníku podle obr. 1. Spřažené nosníky tvoří ocelový profil HE 260A, z oceli S460, a betonová deska 150 mm x 1 000 mm z betonu třídy C 70/85. Jako spřahovací prostředky byly použity trny o jmenovitém průměru 19 mm z oceli s mezí pevnosti $f_u = 340$ MPa. Dva identické nosníky se lišily jen počtem spřahovacích prostředků.

– V prvním případě (nosník 1) byl zájem dosáhnout úplného spřažení ve smyslu [2], [3]. Trny byly rozmístěny ve třech podélných řadách rovnoměrně po celé délce nosníku v osové vzdálenosti v podélném směru 133 mm, v příčném směru 90 mm. Celkem bylo na nosníku 114 trnů.



Obr. 1. Schéma zkoušených nosníků

– Ve druhém případě (nosník 2) byla snaha modelovat částečné spřažení se zhruba třetinou trnů potřebných pro plné spřažení podle předběžného výpočtu (to znamená, že byla použita jen jedna řada trnů v podélné ose nosníku). Trny byly rozmístěny po délce nosníku rovnoměrně v jedné řadě, osová vzdálenost trnů byla 133 mm. Celkem bylo na nosníku pouze 38 trnů.

Oba nosníky byly při zkoušce zatěžovány symetricky dvěma osamělými břemeny ve vzdálenosti 1 000 mm (obr. 1). Síly byly vyvolávány dvěma hydraulickými válci se zatěžovací kapacitou 2 x 100 kN. Síly byly do nosníků vnášeny prostřednictvím tuhých příčných nosníků a roznášecích plechů. Podpory nosníků byly kloubové, tvořily je speciální přípravky s válcem. V místech uložení byly pro zajištění přenosu reakcí na stěny nosníků navařeny oboustranné svislé výztuhy z plechu o tloušťce 10 mm. Pro zachování stability nosníku byly vně podpor okraje desky zajištěny dřevěnými hranoly.

V průběhu zkoušky byly měřeny tyto veličiny:

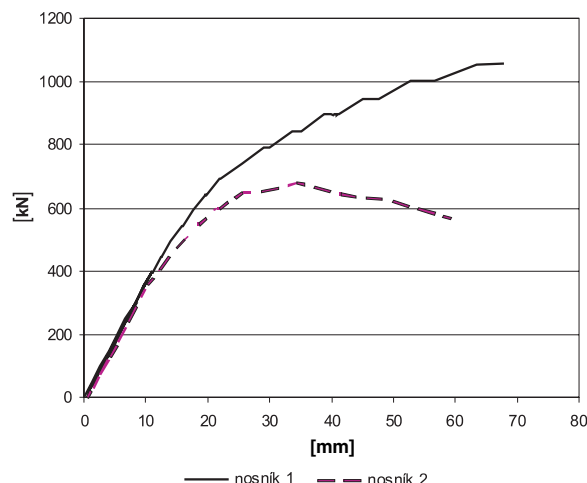
- průhyb pomocí potenciometrických snímačů dráhy ČVUT s rozlišením $\pm 0,4$ mm (5 měřicích bodů: v podélné ose nosníku v místech břemen a uprostřed rozpětí, 2 body na betonové desce pro sledování symetrie);
- poměrná deformace uprostřed rozpětí pomocí odporových tenzometrů HBM 1-LY-10/120 a 1-Y-4-100/120 s citlivostí 1 $\mu\text{m}/\text{m}$ (16 bodů);
- prokluz mezi betonovou deskou a ocelovým profilem na obou koncích nosníku pomocí indukčních snímačů dráhy IWT 302 s rozlišením 1,5 μm (2 měřicí body).

Současně s ohybovými zkouškami byly provedeny materiálové zkoušky betonu, oceli nosníků a oceli trnů.

Výsledky experimentů

■ Nosník 1

Zatížení v první fázi zkoušky dosáhlo 40 % předpokládané únosnosti ($P = 400$ kN), poté byl nosník odlehčen. Cyklus byl opakován a po druhém odlehčení následovalo postupné zatěžování až do kolapsu nosníku. Zatížení přirůstalo po 50 kN (obr. 2). Se zvyšujícím se zatížením se viditelně zvyšoval průhyb a postupně se objevovaly vlasové trhlinky vyběhající od dolního líce betonové desky v místech okolo středu rozpětí.



Obr. 2. Průhyb nosníků 1 a 2 v závislosti na celkové síle P

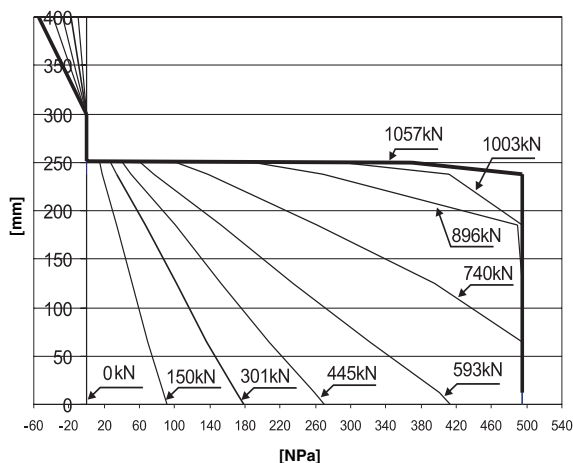
Ke kolapsu nosníku došlo rozdrčením tláčeného betonu v úseku mezi břemeny (obr. 3). Zatížení v okamžiku porušení bylo $P_{u,exp,1} = 1\,088$ kN, odpovídající $M_{exp,1} = 1\,034$ kNm. Po připočtení momentu od montážního zatížení $M_{mont} = 13$ kNm je $M_{exp,1} = 1\,047$ kNm. Průhyb uprostřed rozpětí nosníku v okamžiku zborcení nosníku byl 68 mm, což je zhruba 1/70 rozpětí. Dvojice hodnot průhybů ani přetvoření měřených symetricky k podélné ose nosníku nevykazovaly významné rozdíly, to znamená, že symetrie nebyla porušena.



Obr. 3. Porušení betonu nosníku 1 v oblasti mezi břemeny

Hodnoty prokluzu betonové desky na koncích nosníku byly i v okamžiku kolapsu zanedbatelné (0,03 mm a 0,06 mm).

Předpokládaný průběh napětí uprostřed rozpětí znázorňuje obr. 4. Průběh je vykreslen za předpokladu, že v desce je dosaženo napětí nejvýše $0,7 f_{c,k}$, přičemž se uvažuje se skutečně naměřenými hodnotami materiálových vlastností betonu i oceli. Ukazuje se, že při kolapsu nosníku byl téměř celý ocelový průřez v plastickém stavu. Tlakové napětí v horních betonových vláknách dosáhlo hodnoty $0,7 f_{c,exp} = 0,7 \cdot 77,7 \text{ MPa} = 54,4 \text{ MPa}$ při zatížení $P = 900 \text{ kN}$. Vzhledem k omezenému počtu měřicích bodů není ovšem postupující plastifikace betonu z obr. 4 příliš patrná.



Obr. 4. Napětí po výšce průřezu nosníku 1 uprostřed rozpětí

■ Nosník 2

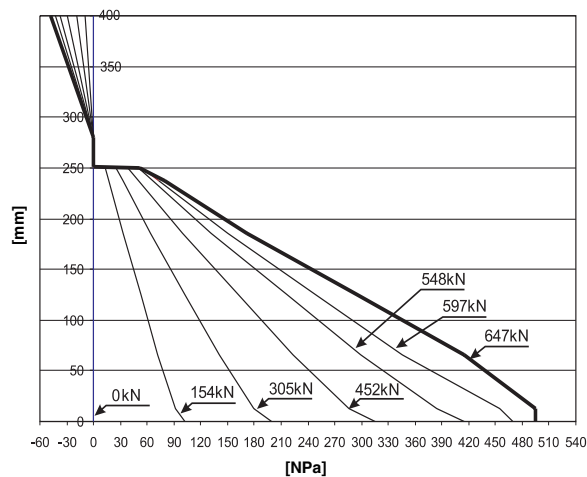
Zatěžování nosníku 2 probíhalo podle obdobného schématu jako v předchozím případě. Počáteční cyklus byl ukončen opět při 40% předpokládané únosnosti nosníku ($P = 250 \text{ kN}$), která byla stanovena podle [2]. Ke kolapsu došlo vlivem potrhání betonu podél sřahujících trnů na jedné polovině nosníku (obr. 5). Zatížení v okamžiku porušení bylo $P_{u,exp,2} = 649 \text{ kN}$, odpovídající $M_{exp,2} = 617 \text{ kNm}$. Hodnota průhybu uprostřed rozpětí byla přibližně 59 mm (asi 1/80 rozpětí). Dvojice hodnot průhybů i přetvoření měřených symetricky k podélné ose nosníku vykazovaly tentokrát v některých případech významnější rozdíly, v průběhu zatěžování okolo 10 %, v okamžiku kolapsu i více. Pro další vyhodnoce-



Obr. 5. Porušení nosníku 2 podél řady sřahovacích trnů

ní byly uvažovány průměrné hodnoty každé dvojice. Hodnoty prokluzu betonové desky na koncích nosníku byly velmi rozdílné, na konci porušené poloviny asi 10,8 mm, na druhém konci zhruba jen 0,8 mm.

Obnažené sřahovací trny byly na koncích nosníků ohnuté asi o 8° hlavou směrem vně podpor. Je zřejmé, že kolaps nosníku způsobilo (podle předpokladu) úmyslně slabé sřazení.



Obr. 6. Napětí po výšce průřezu nosníku 2 uprostřed rozpětí

Předpokládaný průběh napětí uprostřed rozpětí znázorňuje obr. 6. Je vidět, že dolní pásnice nosníku byla při kolapsu již v plastickém stavu ($\sigma = 497 \text{ MPa}$). Tlakové napětí v betonu dosáhlo hodnoty zhruba 42 MPa (což je méně než $0,7 f_{c,exp} = 54,4 \text{ MPa}$).

■ Dále byly provedeny materiálové zkoušky:

- tlakové pevnosti betonových válců (válec $D = 150 \text{ mm}$, $h = 300 \text{ mm}$),
- tlakové pevnosti betonových krychlí (krychle $150 \text{ mm} \times 150 \text{ mm} \times 150 \text{ mm}$),
- tlakové modulu pružnosti betonových hranolů (hranoly, $100 \text{ mm} \times 100 \text{ mm}$, zatížení mezi hladinami 5 kN a 240 kN),
- tahové vzorků zhotovených z pásnic nosníků 1 a 2 (průměr zkušební tyče $D = 10 \text{ mm}$, $L_0 = 55$ až 60 mm , měřena byla mez kluzu $f_{y,exp,f}$, mez pevnosti $f_{u,exp,f}$, modul pružnosti $E_{exp,f}$, tažnost a kontrakce),
- tahové vzorků zhotovených ze stojin nosníků 1 a 2 (průměr zkušební tyče $D = 5 \text{ mm}$, $L_0 = 35$ až 40 mm , měřena

- mez pevnosti $f_{u,exp,w}$ a mez kluzu $f_{y,exp,w}$, tažnost a kontrakce),
- tahové vzorků zhotovených z neporušených trnů (průměr zkušební tyče $D = 5$ mm, $L_0 = 20$ mm, měřena mez kluzu $f_{y,exp}$, mez pevností $f_{u,exp}$, tažnost a kontrakce).

Betonové vzorky byly zhotoveny v den betonáže nosníků. Stáří betonu v okamžiku zkoušky bylo 110 dní.

Normové zkušební tyče oceli pro materiálové zkoušky byly opatřeny z neporušených částí obou ocelových nosníků, byly zhotoveny řezáním za studena, a poté vysoustruženy do kruhového průřezu.

Odděleně byly vyšetřovány materiálové vlastnosti oceli pásnic, stěn a sřahovacích trnů. Souhrnné výsledky materiálových zkoušek udává tab. 1. Je vidět, že meze kluzu jsou u vzorků odebraných z pásnic dobře patrné, u vzorků odebraných ze stojin však byly velmi nevýrazné. V těchto případech byla proto uvažována smluvní mez kluzu. Materiálové charakteristiky oceli pásnice a stěny se nezanedbatelně lišily. V dalších výpočtech byly proto uvažovány charakteristiky stanovené ze vzorků pásnic, které jsou z hlediska zkoumání průběhů normálových napětí významnější.

Tab. 1. Výsledky materiálových zkoušek

Materiál	Ukazatel	Jednotka	Počet vzorků	Průměr	Odch.
BETON					
válce	válcová pevnost $f_{cy,exp}$	MPa	3	77,7	0,88
krychle	krychelná pevnost $f_{cu,exp}$	MPa	3	89,9	0,79
hranoly	modul pružnosti $E_{cu,exp}$	MPa	4	45 838	1186
ocel - nosník 1					
pásnice	mez kluzu v tahu $f_{y,exp,f1}$	MPa	5	494	13,9
	mez pevnosti v tahu $f_{u,exp,f1}$	MPa	5	583	14
	modul pružnosti $E_{a,exp,f1}$	MPa	3	196 349	1 648
	kontrakce Z_{f1}	%	5	74,1	1,1
	tažnost A_{f1}	%	5	25	1,3
stěna	mez kluzu v tahu $f_{y,exp,s}$		0	-	
	mez pevnosti v tahu $f_{u,exp,w1}$	MPa	4	794	12,9
	kontrakce Z_{w1}	%	4	60,4	2
	tažnost A_{w1}	%	4	12,1	1
ocel - nosník 2					
pásnice	mez kluzu v tahu $f_{y,exp,f2}$	MPa	5	497	34,1
	mez pevnosti v tahu $f_{u,exp,f2}$	MPa	5	582	23,7
	modul pružnosti $E_{a,exp,f2}$	MPa	3	199 778	4 883
	kontrakce Z_{f2}	%	5	76	0,6
	tažnost A_{f2}	%	5	27,3	1,5
stěna	mez kluzu v tahu $f_{y,exp,w2}$	MPa	3	591	6,8
	mez pevnosti v tahu $f_{u,exp,w2}$	MPa	5	753	51,2
	kontrakce Z_{w2}	%	5	62,8	3,9
	tažnost A_{w2}	%	5	13,8	1,4
ocel - trny					
pásnice	mez kluzu v tahu $f_{y,exp,s}$	MPa	3	408,3	5,9
	mez pevnosti v tahu $f_{u,exp,s}$	MPa	3	536,4	4,8
	kontrakce Z_s	%	3	55,3	2,7
	tažnost A_s	%	1	20,5	-

Teoretické stanovení únosnosti

■ Nosník 1 – plně sřazení

Teoretická únosnost byla stanovena plastickým výpočtem podle [2], resp. [3] s tím, že již bylo respektováno doporučení [1] týkající se redukce pevnosti betonu v tlaku na $0,7 f_{c,k}$

(obr. 7). Ve výpočtech byly uvažovány součinitele spolehlivosti $\gamma_F = \gamma_M = 1,0$, protože se vychází ze skutečně zjištěných hodnot.

Teoretická únosnost byla stanovena dvěma přístupy. Orientační teoretická únosnost, použitá při řízení zkoušek, vycházela z tabulkových materiálových charakteristik:

mez kluzu oceli nosníků	$f_{y,k,pre} = 460$ MPa
modul pružnosti oceli nosníků	$E_{a,pre} = 210\,000$ MPa
mez válcové pevnosti betonu	$f_{c,k,pre} = 70$ MPa
modul pružnosti betonu	$E_{cm,pre} = 40\,000$ MPa
mez pevnosti trnu	$f_{u,pre,s} = 340$ MPa

Hodnota takto stanovené teoretické únosnosti odpovídá $P_{u,pre,1} = 1\,007$ kN, popř. moment únosnosti $M_{u,pre,1} = 957$ kNm. Pomocí těchto hodnot byl nastaven zatěžovací cyklus zkoušky.

Tento předběžný výpočet ovšem nerespektoval skutečně zjištěné materiálové vlastnosti. Teoretická únosnost nyní bude proto stanovena ještě s použitím naměřených charakteristik:

mez kluzu oceli nosníků	$f_{y,exp,f1} = 494$ MPa
modul pružnosti oceli nosníků	$E_{a,exp,1} = 196\,349$ MPa
mez válcové pevnosti betonu	$f_{cu,exp} = 77,7$ MPa
modul pružnosti betonu	$E_{cm,exp} = 45\,800$ MPa
mez pevnosti trnu	$f_{u,exp,s} = 534$ MPa

Hodnota teoretické únosnosti odpovídá $P_{u,teor,1} = 1\,064$ kN, teoretický plastický moment únosnosti $M_{u,teor,1} = 1\,010$ kNm. Je vidět, že tyto hodnoty se od předběžně stanovených hodnot liší jen asi o 6 %.

■ Nosník 2

Teoretická únosnost byla stanovena rovněž postupem podle [2], resp. [3], opět s využitím doporučení publikace [1] ohledně redukce pevnosti betonu v tlaku na $0,7 f_{c,k}$. Ve výpočtu stejně jako u případě nosníku 1 byly uvažovány jednotkové součinitele spolehlivosti. Teoretická únosnost nosníku 2 byla stanovena podle vztahu (5.1), který uvádí [2] pro dostatečně poddajné sřahovací prvky

$$M_{u,pre,2} = F_c / F_{cf} \cdot (M_{pl} - M_{a,pl}) + M_{a,pl}$$

kde F_c je únosnost trnů na polovině nosníku (19 x 77 kN), F_{cf} – maximální síla v betonové desce při plném sřazení,

M_{pl} – plastický moment únosnosti plně sřazeného průřezu,

$M_{a,pl}$ – plastický moment únosnosti ocelového průřezu.

Pro normové materiálové vlastnosti vycházejí předběžně vypočítané hodnoty únosnosti částečně sřazeného nosníku $P_{u,pre,2} = 618$ kN a ohybová únosnost $M_{u,pre,2} = 587$ kNm.

Pro hodnotu únosnosti sřahovacích trnů byla rozhodující velikost smykové únosnosti samotného trnu (77,1 kN), která byla výrazně nižší než síla odpovídající otlacení betonu (175 kN). Únosnost trnu byla určena podle [2, kap. 6].

Výpočet byl opakován s respektováním skutečně naměřených materiálových charakteristik:

mez kluzu oceli nosníků	$f_{y,exp,f2} = 497$ MPa
mez válcové pevnosti betonu	$f_{cu,exp} = 77,7$ MPa
modul pružnosti betonu	$E_{cm,exp} = 45\,800$ MPa
mez pevnosti trnu	$f_{u,exp,s} = 534$ MPa

Hodnota teoretické únosnosti potom byla $P_{u,teor,2} = 794$ kN, odpovídající teoretický moment únosnosti $M_{u,teor,2} = 755$ kNm. Výrazné zvýšení způsobila vyšší únosnost trnu v důsledku vyšší pevnosti oceli trnu. Únosnost trnu byla 122 kN. Tento

fakt je hlavním důvodem výrazného rozdílu mezi předběžnou a teoretickou hodnotou únosnosti nosníku 2.

Porovnání experimentu s výpočtem

■ Nosník 1 – plné spřažení

Experimentálně stanovená ohybová únosnost ($M_{u,exp,1} = 1\,047$ kNm) přibližně odpovídala teoretické hodnotě ($M_{u,teor,1} = 1\,010$ kNm), byla jen zhruba o 3,5 % vyšší. Z toho lze usuzovat, že předpoklad redukce pevnosti betonu v tlaku je pro účel výpočtu ohybové únosnosti nastaven přílišně. Potvrdily se výsledky publikované v [1].

■ Nosník 2 – částečné spřažení

Nosník 2 měl při experimentu proti výpočtu nezanedbatelně nižší únosnost ($M_{u,exp,2} = 630$ kNm, $M_{u,teor,2} = 755$ kNm), tj. rozdíl 20 % na nebezpečné straně. Porušení nastalo roztržením betonu v místě spřažení, tedy nikoli usmyknutím trnů, jak bylo očekáváno podle výpočtu. Při stanovení teoretické únosnosti trnů s využitím materiálových zkoušek dostáváme (v závorkách předběžný výpočet):

střih ocelového trnu $P_{rk,teor,1} = 122$ kN ($P_{rk,pre,1} = 77$ kN),
otlačení betonu $P_{rk,teor,2} = 198$ kN ($P_{rk,pre,1} = 175$ kN).

Ačkoli pro únosnost trnů podle [2] je rozhodující smyková únosnost, kolaps nastal porušením betonu, aniž by spřahovací trny jevily stopy po smykových deformacích. Beton byl porušen příčným tahem vyvozeným tlakem ohýbaných trnů. Potvrdil se jeden ze závěrů [1], který konstatuje nepříznivé deformační schopnosti trnů v betonu vysoké pevnosti.

Z dřívějších studií vyplývá, že únosnost trnů je značně ovlivněna jejich rozmístěním. Rozmístění trnů u nosníku 1 i 2 se řídilo pravidly [2], kde je udáván například limit pro podélnou rozteč trnů hodnotou $5d$ (v našem případě 5×19 mm = 95 mm). Tento limit byl splněn (133 mm), přesto se zdá pro použití ve vysokopevnostním betonu nedostatečný. Protláčovacími zkouškami bylo také ověřeno, že únosnost jednoho samostatného trnu je vyšší než únosnost jednoho trnu ve skupině [1].

Závěr

Z výsledků prvních dvou zkoušek lze vyvodit následující závěry:

- pro plné spřažení se předpoklad omezení pevnosti betonu na $0,7 f_{c,k}$ v teoretickém výpočtu jeví jako opodstatněný. Experimentálně zjištěný průběh napětí i únosnost průřezu dobře korespondovaly s takto stanovenými teoretickými hodnotami;
- pro částečně spřažený nosník není možno použít postupy podle [2]. Zdá se, že příčinou je skutečnost, že únosnost spřažení neodpovídá teoretické hodnotě určené podle [2] pro dostatečně poddajné trny. Při zkoušce částečně spřaženého nosníku proto došlo k nepředpokládanému způsobu porušení. Namísto očekávaného usmyknutí trnu došlo k příčnému roztržení betonové desky. Zdá se, že významný vliv na únosnost trnů v betonu vysoké pevnosti má jejich rozmístění. Pravidla uvedená v [2] nelze pro tyto případy plně převzít.

Pro následující fázi výzkumu jsou připraveny další dvě zkoušky. Zvláštní pozornost bude věnována rozmístění trnů. Budou provedeny dvě zkoušky se stejným stupněm spřažení, ale s rozdílným rozmístěním trnů. Dalším záměrem bude zkoumání průběhu deformací a napětí v betonové desce, kde bude sledováno větší množství měřicích bodů. Experimenty budou později doplněny o protlačovací zkoušky trnů.

Literatura

- [1] Kolektiv: ECSC Steel RTD Programme: Use of High Strength Steel S460, Part 6, Composite Beams Made of High Strength Steel and High Strength Concrete. Aachen, Institute of Steel Construction RWTH 1999.
- [2] ČSN P ENV 1994-1-1: Navrhování spřažených ocelobetonových konstrukcí, Část 1.1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby. ČSN, 1994.
- [3] ČSN EN 1994-1-1: Navrhování spřažených ocelobetonových konstrukcí, Část 1.1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby. ČNI, 2006 (v přípravě).

Výzkum materiálově smíšených konstrukcí je podporován projektem č. 103/05/2003 GA ČR.

Dolejš, J.: Behaviour of Composite Beams Made of High Strength Materials

A composite beam made of high strength concrete in combination with high strength steel represents a progressive structural member. Behaviour of such members differs compared to behaviour of members made of more common materials and it has not been explored sufficiently yet. This article describes two bending tests of composite beams. Special attention is focused on the connection and ultimate bending capacity.

Dolejš, J.: Das Verhalten von Stahlbeton-Verbundträgern aus hochfesten Materialien

Ein Verbundträger aus hochfestem Beton in Kombination mit hochfestem Stahl stellt ein modernes Konstruktionselement dar. Das Verhalten dieser Träger unterscheidet sich allerdings vom Verhalten von Trägern aus konventionellen Materialien und ist bisher noch nicht ausreichend untersucht. Der vorliegende Artikel beschreibt zwei Prüfungen von Trägern aus diesen Materialien, die auf das Studium des Verbunds und die Verifikation der Biegetragfähigkeit orientiert waren.

BETONÁŘSKÉ DNY 2005

30. listopadu – 1. prosince

Kongresové centrum ALDIS, Hradec Králové

www.cbz.cz

Vliv tuhosti uložení na chování ocelového rámu

Ing. Daniel LEMÁK, PhD.

Ing. Roman KOIŠ

STATIKA Olomouc, s. r. o.

prof. Ing. Jiří STUDNIČKA, DrSc.

ČVUT – Fakulta stavební, Praha

Článek analyzuje chování jednoduchého ocelového ve-tknutého rámu při měnění se horizontální tuhosti uložení. V současné projekční praxi je časté, že konstrukci objek-tu a jeho spodní stavbu navrhují dvě různé organizace. Pro spolehlivý a hospodárný návrh obou částí je nutno uvážit interakci obou konstrukcí zejména tehdy, je-li in-terakce výrazná a jejím důsledkem jsou značné změny vnitřních sil v horní stavbě. Situace se v článku demon-struje na příkladu jednoduchého ocelového rámu běž-ných rozměrů, ovlivněného vodorovnými posuny základo-vé konstrukce.

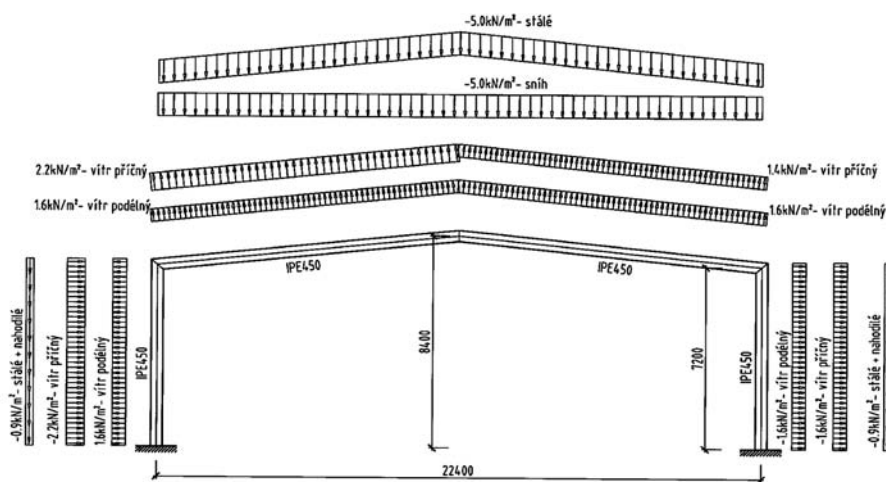
Základové konstrukce hal jsou navrhovány na tři složky reakcí od horní stavby – svislou, horizontální sílu a ohybový moment. Vertikální únosnost základové konstrukce včetně tuhosti v předmětném směru a vzájemných deformací sou-visejících částí konstrukce je dána normou [1]. Potlačení de-formace dalších složek reakce horní stavby je však již na do-hodě mezi zpracovateli dílčích částí projektu. Je zřejmé, že deformace konstrukce, způsobená pootočením spodní stav-by vlivem ohybového momentu, je dána mimo tuhosti základo-vé konstrukce i tuhostí přípoje ocelové konstrukce k zá-kladu [2], [3], [4].

Tento článek však chce poukázat pouze na vliv horizon-tální tuhosti základové konstrukce (tj. odezvy základové kon-strukce na horizontální zatížení) na konstrukci horní stavby. Je zřejmé, že požadavky na horizontální tuhost základové konstrukce mají přímou souvislost s ekonomickými poža-davky na spodní stavbu objektu, ale též se spolehlivostí celé konstrukce. Nedostatečná tuhost základové konstrukce rá-mu může vést k neúměrnému zvýšení deformací konstrukce rámu, k přetížení dílčích částí rámu až po zřícení konstruk-ce, např. vlivem přetížení příčle rámu. Přitom absolutně tuhá základová konstrukce samozřejmě neexistuje. Navíc je nutné kromě krátkodobých deformací základové konstrukce počítat s reologickými vlastnostmi zemin, které se mohou projevit při dlouhodobém zatížení. Naproti tomu neúměrné požadavky na tuhost základové konstrukce zbytečně zvyšují cenu díla. Objektivní, exaktně definovaná hranice tuhosti však není dána. Musí ji, pro každý případ individuálně, stanovit zpracovatel ocelové části objektu. Jednoduchý návod pro určení minimální horizontální tuhosti základové kon-strukce je na základě parametrického prozkoumání jednotli-vých vlivů dále nabídnut.

Úvod

Konstrukce ocelové haly je typickým příkladem objektu, kde se při návrhu setkávají projektanti horní stavby, oceláři, se zpracovateli projektu spodní stavby, geotechniky. Setkávají se také dva typy konstrukcí, a zejména pak dva pohledy na to, jak mají tyto konstrukce ve styčném místě fungovat.

Při předběžném dimenzování rámu se zpravidla předpo-kládá, že uložení konstrukce je ideálně (dokonale) neposuv-né a nedeformovatelné. Skutečnost je však jiná. Každá zá-kladová konstrukce reaguje na zatížení příslušnou deforma-cí. V případě rámové haly, kde jsou základy kromě svislých účinků namáhány také výraznějšími horizontálními silami, je to ještě významnější, protože přenos těchto sil se ve vý-počtu hůře vystihuje. Při ověřování dimenzí by se v defini-tivním návrhu rámu mělo k deformacím spodní stavby vždy přihlížet, jinak se výpočty rozejdou s realitou.

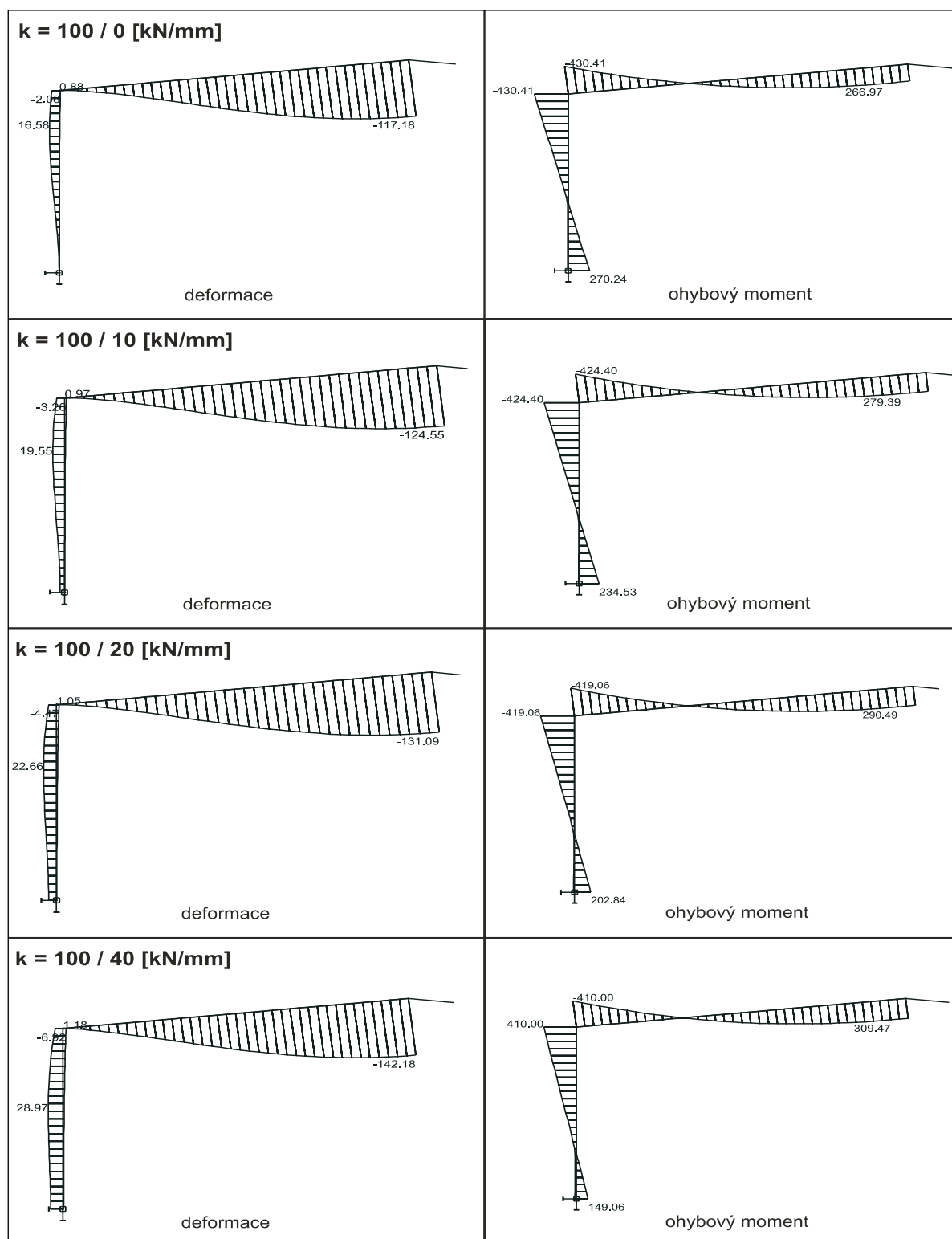


Obr. 1. Schéma tvaru a zatížení rámu

U základových konstrukcí je nezbytné zajistit dostačující únosnost, tedy odpovídajícím způsobem přenést reakce od horní stavby do podloží, a kromě toho prokázat jejich dosta-tečnou tuhost, tedy omezit deformace základové konstrukce na přijatelnou hodnotu.

Parametrická studie

V tomto odstavci je ukázáno, jaké jsou rozdíly v chování ocelového rámu obvyklých rozměrů při měnění se horizon-tální tuhosti jeho podepření. Pro určení vlivu podepření na chování rámové konstrukce byl vytvořen numerický model



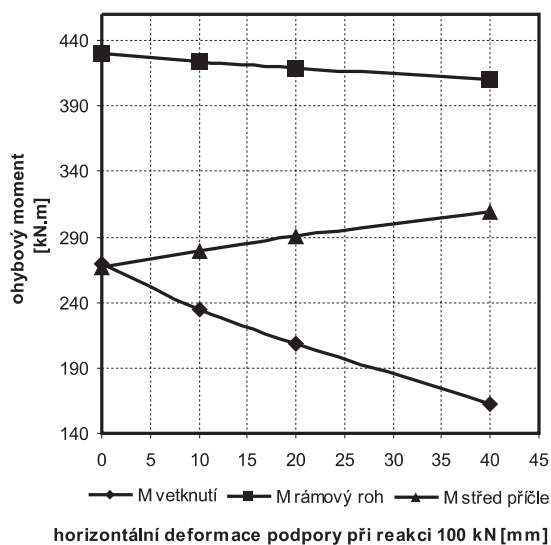
Obr. 2. Změna průběhu deformace a ohybového momentu na výseku rámu při změně horizontální tuhosti uložení konstrukce

jednoduchého ocelového vetknutého rámu se sedlovou příčl. Ocelový rám má rozpětí 22,4 m, výška sloupu je 7,2 m a výška rámu u hřebenu 8,4 m. Sloup i příčle byly uvažovány z válcovaného profilu IPE 450 z oceli S355 J0. Rámy jsou předpokládány ve vzájemné vzdálenosti 6 m. Na zvoleném rámu bylo uvažováno obvyklé zatížení (stálé se zahrnutím rovnoměrného zatížení od elektroinstalací a vzduchotechniky, sněhem a větrem [5], které je zřejmé z obr. 1.

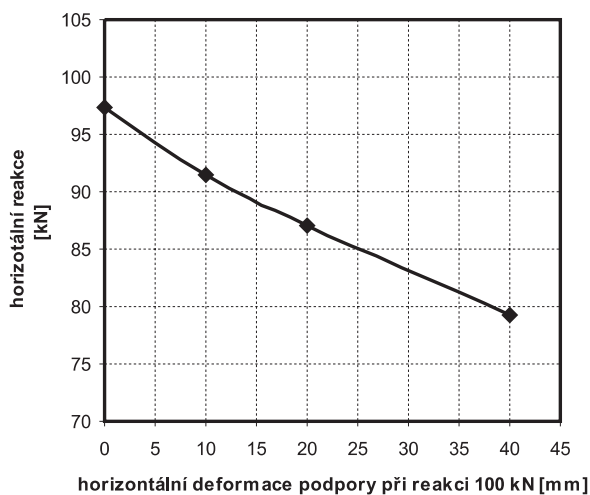
Na numerickém modelu byla měněna horizontální tuhost/poddajnost podpor od absolutně tuhé podpory, tedy podpory nevykazující žádné deformace, přes další tři, které vykazovaly horizontální deformace 10, 20 a 40 mm při zatížení 100 kN (horizontální tuhost podpor $k = 10$ MN/m, 5 MN/m a 2,5 MN/m). Vliv změny horizontální tuhosti uložení konstrukce rámu na změnu průběhu deformace a ohybového momentu na výseku rámu je zřejmý z obr. 2.

Na modelech byly sledovány a následně porovnávány hodnoty momentu ve vetknutí, v rámovém rohu a uprostřed délky příčle, dále hodnoty horizontální reakce, největší vertikální a horizontální deformace příčle a také kritický násobek

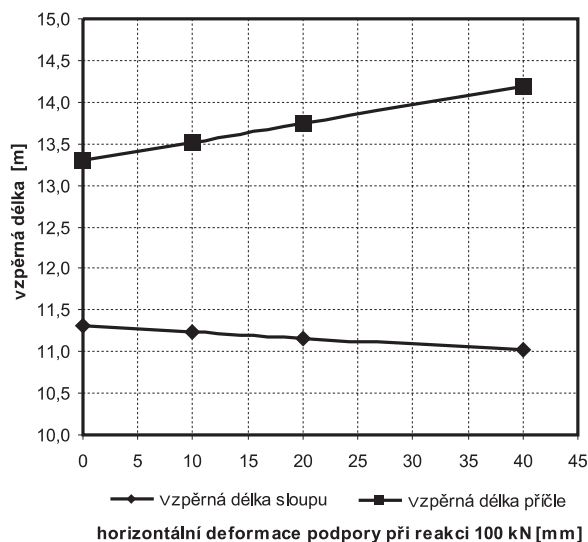
zatížení ze stabilního výpočtu. Ten byl pro názornost dále převeden na vzpěrné délky stopy a příčle. Výsledky provedené studie jsou uvedeny v tab. 1 a pro přehlednost dále vyneseny v grafech na obr. 3 až obr. 6.



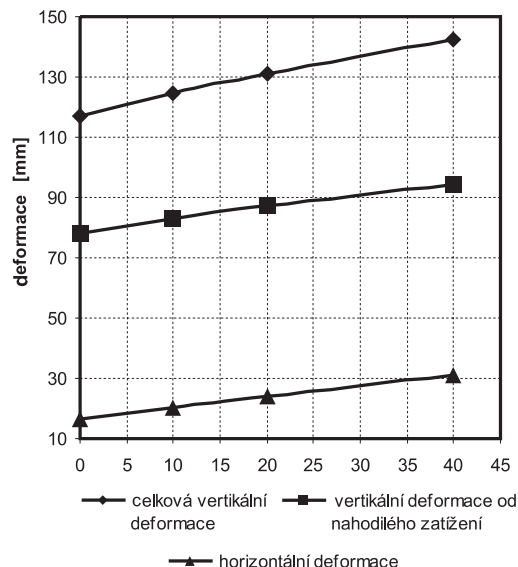
Obr. 3. Závislost rozhodujících ohybových momentů rámu na horizontální tuhosti podpor



Obr. 4. Závislost horizontální reakce rámu na horizontální tuhosti podpor



Obr. 5. Závislost vzpěrných délek prvků rámu na horizontální tuhosti podpor



Obr. 6. Závislost deformací rámu na horizontální tuhosti podpor

Tab. 1. Výsledky studie při měněných horizontálních tuhostech uložení rámu

Horizontální tuhost podpory	Maximální ohybový moment			Maximální horizontální reakce	Kritický násobek zatížení R_{cr}	Vzpěrná délka		Maximální deformace			Maximální využití
	$M_{\text{vetknutí}}$	$M_{\text{rámový roh}}$	$M_{\text{střed příčle}}$			sloupu	příčle	celkový svislý průhyb	svislý od nahodilých zatížení	celkový horizontální průhyb	
	[kN.m]			[kN]		[m]		[mm]			[%]
100 / 0	270	430	267	97	49,616	11,304	13,292	117,2	77,9	16,6	97
100 / 10	235	424	279	92	50,507	11,232	13,517	124,5	82,8	20,4	95
100 / 20	209	419	291	87	51,298	11,16	13,742	131,1	87,1	23,9	94
100 / 40	163	410	310	79	52,636	11,016	14,193	142,2	94,5	31	92

Závěr

Z předložených výsledků je vidět, jaké rozdíly v namáhání a deformacích jednotlivých částí rámu přináší změna vodorovné tuhosti v uložení rámu. Zajímavý je např. přesun ohybového momentu z rámového rohu do středu příčle při měnící se horizontální tuhosti základové konstrukce. Stejně lze sledovat i změnu deformace konstrukce vzhledem k měnící se tuhosti uložení konstrukce. Z propočítaného příkladu lze stanovit minimální horizontální tuhost podpory (v tomto případě to je 100 kN/25 mm) z limitního průhybu příčle rámu vlivem nahodilých zatížení, což je v našem případě 88,7 mm = 1/250 L.

Je jasné, že přenos horizontálních sil základovými konstrukcemi (ať už plošnými, nebo hlubinnými), popř. pomocí táhla osazeného pod podlahou haly, musí být řešen s ohledem na všechny relevantní ukazatele (ekonomické, technické, technologické atd.), ale také s ohledem na přílehlé staticky závislé konstrukce. Například tuhé táhlo pod podlahou může způsobit vznik poruch v konstrukci podlahy při měkkém a neupraveném podloží. Nebo naopak, horizontálně měkké základy mohou porušit existující sousedící konstrukce, které nesou další přitížení.

Z předchozího plyne, že ocelová konstrukce navržená za předpokladu neposuvných a absolutně tuhých podpor může být při standardním založení nespolehlivá. Opačným extrémem pak může být snaha geotechnika o splnění požadavků nulové deformace a pootočení v základech, která vede k návrhu neekonomické základové konstrukce.

Na základě praktických zkušeností prvních dvou autorů s touto problematikou lze konstatovat, že s oběma uvedenými a přitom nesprávnými přístupy je možné se v praxi setkat. Při rozdělení projektové dokumentace, a zejména pak vlastní dodávky konstrukce objektu zvlášť na ocelovou konstrukci (tedy horní stavbu) a základovou konstrukci, dochází navíc ke střetu ekonomických zájmů obou skupin. Je proto zcela nezbytné hledat optimální rovnováhu mezi výše popsanými přístupy.

Nejmenší (požadovaná) horizontální tuhost základové konstrukce by proto měla patřit k jednomu z důležitých podkladů zpracovatele horní stavby (společně s reakcemi na základové konstrukce, požadavky na kotevní místa atd.) pro autory projektu založení stavby.

Práce spojené s parametrickými výpočty byly podpořeny výzkumným záměrem MSM 6840770001.

Literatura

- [1] ČSN 73 1001 Základová půda pod plošnými základy. ČSN, 1987.
- [2] ČSN P ENV 1993 -1 -1 Navrhování ocelových konstrukcí, Část 1.1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby. ČSN, 1994.
- [3] Studnička, J.: Ocelové konstrukce 10. Praha, Vydavatelství ČVUT 2004.
- [4] Wald, F. – Sokol, Z.: Styčníky ocelových konstrukcí. Praha, Vydavatelství ČVUT 1999.
- [5] ČSN 73 0035 Zatížení stavebních konstrukcí. ÚNM, 1986.

Lemák, D. – Koiš, R. – Studnička, J.: Effects of the Stiffness of Embedding on the Steel Frame Behaviour

This paper analyzes the behaviour of a simple steel fully-fixed frame in conditions of changing horizontal stiffness of embedding. It is common in the current design practice that two different consulting organizations design the steel structure and its foundations. For a reliable and economical design of both parts, it is essential to assume the interaction of both structures, particularly if the interaction is significant, leading to major changes in internal forces in the superstructure. This situation is demonstrated in this article in an example of a simple steel frame of common dimensions, affected by horizontal shifts of the foundation structure.

Lemák, D. – Koiš, R. – Studnička, J.: Einfluss der Auflagesteifigkeit auf das Verhalten eines Stahlrahmens

Der Artikel analysiert das Verhalten eines einfachen eingespannten Stahlrahmens bei sich verändernder horizontaler Steifigkeit der Auflagerung. In der derzeitigen Planungstätigkeit kommt es oft vor, dass die Konstruktion eines Objektes und seines Unterbaus von zwei verschiedenen Unternehmen entworfen werden. Für einen sicheren und wirtschaftlichen Entwurf beider Teile ist es notwendig, die Interaktion beider Konstruktionen miteinander insbesondere dann abzuwägen, wenn die Interaktion ausgeprägt ist und erhebliche Veränderungen der inneren Kräfte im Oberbau zur Folge hat. Die Situation wird im Artikel am Beispiel eines einfachen Stahlrahmens gängiger Abmessungen demonstriert, der von horizontalen Verschiebungen der Gründungskonstruktion beeinflusst wird.

Nová Brumlovka

V souladu s územním plánem Prahy 4, který toto území definuje jako území pro sport, vznikne do začátku roku 2007 na místě původní budovy rozsáhlý sportovní komplex. Realizaci připravuje a financuje projektová společnost BB C – Nová Brumlovka, a. s., ve které se jako akcionáři spojily společnosti PASSERINVEST GROUP, a. s., spolu s MULTIPROJEKT GROUP, a. s. Navázaly tak na úspěšnou spolupráci při realizaci počátečního developmentu území v rámci projektu BB Centrum – Jih.

V novém centru o celkové ploše zhruba 5 tis. m² nebude chybět velké fitness centrum, sál na spinning (energicky účinné skupinové cvičení na stacionárním kole, které spojuje hudbu, motivaci a představitivost), aerobikový sál, víceúčelové sály, squashové kurty, ale také standardní plavecký bazén dlouhý 25 m. Jasně je také funkční rozmístění jednotlivých služeb a obchodů v příměstí.

Metoda odhadu ochranného potenciálu pro hodnocení systémů protipovodňových opatření v ucelených povodích

Ing. Pavel KŘIVKA
VODNÍ DÍLA – TBD, a. s.
Praha

Protipovodňová ochrana by měla tvořit ucelený systém jak technických způsobů ochrany (vodohospodářská a stavební opatření, technické způsoby ochrany v zemědělství a lesnictví), tak i opatření netechnických (legislativní, organizační, urbanistická, dopravní, ekologická atd.). Podle konkrétních podmínek lokality chráněné před účinky velkých vod je kladen důraz na typy opatření a způsob ochrany. Pro prvotní porovnání očekávaného účinku (resp. přínosu) navrhovaných systémů protipovodňových opatření v rámci ucelených povodí může sloužit jednoduchá srovnávací metoda.

Vedle návrhu uspořádání a parametrů prvků systému protipovodňové ochrany je hodnocení ochranného účinku souboru navrhovaných opatření technicko-ekonomickým rozbohem jednou z nejsložitějších úloh. Výsledkem technické části by mělo být zjištění, jak daný systém opatření ovlivní průběh povodní v konkrétních profilech na toku, ekonomická část porovnává náklady na realizaci a provoz navrženého systému a jeho přínos (Cost & Benefit Analysis). V praxi jsou však běžné dva podstatně odlišné přístupy posuzování a hodnocení variant. Na straně jedné se vytvářejí stále propracovanější matematické metody simulace srážko-odtokového a transformačního povodňového procesu, aplikované převážně u rozsáhlejších projektů. Na druhé straně je většina drobných staveb a opatření navrhována pouze na základě izolovaného hodnocení jednotlivých prvků bez zvažování širšího účinku.

Metoda odhadu ochranného potenciálu

Odvozená metoda umožňuje v ucelených povodích porovnávat očekávaný vliv všech protipovodňových opatření. K hodnocení a porovnání se využívají pouze informace dostupné z podkladů na úrovni studií nebo jiná snadno zjistitelná data. Očekávaný efekt navržených variant je v řešeném povodí porovnatelný, a to v libovolném počtu **hodnocených profilů**. Počet hodnocených opatření je libovolný, rovněž i jejich poloha se může v jednotlivých variantách měnit. Počet a poloha hodnocených profilů však musí být pro všechny porovnávané varianty konstantní.

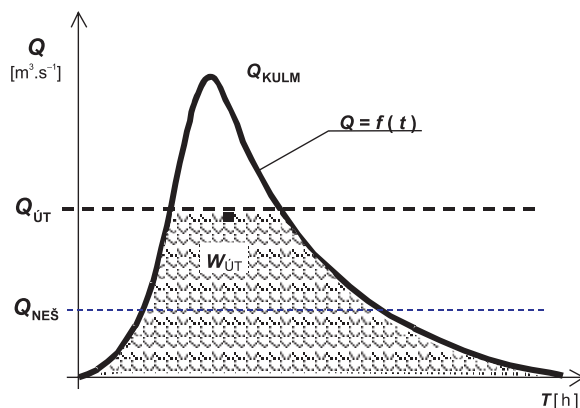
Principem metody odhadu ochranného potenciálu (MOOP) systému protipovodňových opatření je váhové porovnání objemu vody kontrolovaného jednotlivými protipovodňovými opatřeními (již vybudovanými i navrhovanými) a objemu povodňové vlny v konkrétním hodnoceném profilu (parametr W). Kontrolovaným objemem vody se rozumí množství vody zadržené v nádrži (např. retenční), v povodí (realizace úpravy odtokových poměrů) nebo neškodně provedené

úpravou toku. Je nutné započítat jak pozitivní vlivy na objemovou složku povodně, tak negativní (zmenšení retenčního objemu nádrže, omezení retenčního účinku inundace provedením souvislé úpravy toku ohrázkováním atd.). Hodnocením objemové složky se vyjádří kvantitativní parametr protipovodňových opatření. Poloha (resp. rozloha) každého prvku protipovodňové ochrany vzhledem k hodnoceným profilům je charakterizována parametrem F , který vyjadřuje vzájemný poměr ploch povodí daného opatření a plochy povodí hodnoceného profilu. Porovnání se provádí při výskytu povodňové vlny s konstantní dobou opakování N let. Jelikož se ve všech hodnocených profilech vybírá povodňová vlna se stejnou pravděpodobností překročení, může být v dílčích povodích příčinou vzniku takové povodně jiná srážko-odtoková situace.

Parametr W charakterizuje objemovou složku ochranného potenciálu každého protipovodňového opatření. Je definován jako poměr objemu vody kontrolovaného daným protipovodňovým opatřením W_{PPO} a objemu povodňové vlny v hodnoceném profilu W_{HP} , tedy

$$W_{\text{param}} = \frac{W_{PPO}}{W_{HP}} \quad (1)$$

Parametr W je bezrozměrné číslo, které udává, jaké jsou kapacitní možnosti daného opatření v porovnání s objemem povodně v hodnoceném profilu. Jeho rostoucí hodnota vyjadřuje větší význam pro protipovodňovou ochranu řešeného profilu. Čím více se objem vody kontrolovaný daným opatřením přibližuje objemu povodňové vlny, tím jsou vytvořeny lepší podmínky pro protipovodňovou ochranu v tomto profilu. Pro různé skupiny protipovodňových opat-



Obr. 1. Schéma ochranného účinku úpravy toku navrhované v místě hodnoceného profilu

ření (zejména strukturálních) byla odvozena základní pravidla, podle kterých se místo obecného čitatele W_{PPO} dosazují:

■ Pro úpravu toku v hodnoceném profilu (např. zkapacitnění koryta v obci ohrožované povodněmi) objem vody ne-

škodně převedený předpokládanou úpravou toku $W_{\text{ÚT}}$. Parametr W má tvar

$$W_{\text{param}(\text{ÚT})} = \frac{W_{\text{ÚT}}}{W_{\text{HP}}} \quad (2)$$

resp. pro posouzení výchozí hodnoty neškodného průtoku.

$$W_{\text{param}(Q_{\text{neš}})} = \frac{W_{Q_{\text{neš}}}}{W_{\text{HP}}} \quad (3)$$

Schéma ochranného účinku úpravy toku v místě hodnoceného profilu je na obr. 1.

■ U úpravy toku mimo hodnocený profil je nutné posoudit, zda toto opatření může ovlivnit objemovou složku povodně v níže položeném profilu, tzn. zda úpravou toku dojde k vyloučení nebo omezení retenčního účinku přilehlé inundace. Některé způsoby (např. změna podélného sklonu, příčného profilu, trasy koryta) se neprojevují vyloučením retenčního účinku inundace. Taková úprava nemá na objemovou složku povodně vliv a v níže položených profilech se neuvažuje. Nebezpečí omezení retenčního účinku inundace je zejména při souvislém ohrázování toku v rovinatém terénu, kde se voda rozlévá do značných ploch. U souvislého ohrázování nížinných toků je omezení retenční funkce podstatné a navržená úprava musí být posuzována ve všech níže ležících hodnocených profilech. Odhad objemové složky vyjadřující omezení retenční schopnosti inundace se provede porovnáním stavu před předpokládanou úpravou toku ohrázováním a po ní. Jelikož při převádění povodňových průtoků inundací je pouze část objemu v inundaci zadržena (další část inundací protéká dále), nezapočítává se pro vyjádření omezení retenční funkce celý objem odstavené inundace. Parametr W se obdobně stanoví podle rovnice (2). Je-li navrženou úpravou omezena retenční schopnost inundace, je $W_{\text{ÚT}} < 0$ a vliv dané úpravy pro protipovodňovou ochranu níže položených profilů je negativní $W_{\text{param}(\text{ÚT})} < 0$. Odstraněním historických ochranných hrází se může teoreticky zlepšit retenční účinek inundace.

■ Pro hodnocení retenčního účinku nádrže (popř. při úpravě rozdělení prostoru nádrže) se parametr W stanoví podle rovnice (1), přičemž se do čitatele doplní objem vody kontrolovaný (zachycený) retenční nádrží:

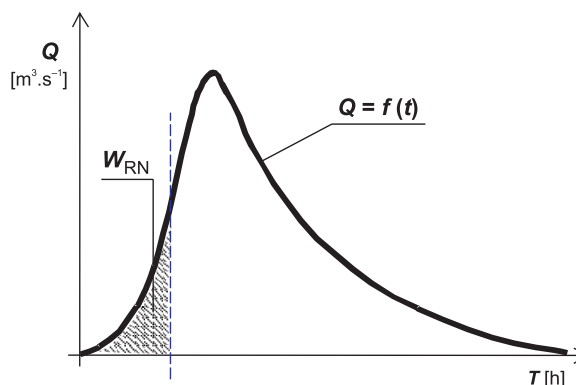
a) pro retenční nádrž (V_{RN})

- se plně započítává ovladatelný retenční prostor;
- část neovladatelného retenčního prostoru, při jehož naplnění dosahuje celkový odtok z nádrže právě hodnoty neškodného průtoku v toku pod hrází. Jestliže ji při návrhové povodni neznáme, jako nejvýše polovina objemu neovladatelného retenčního prostoru u novějších nádrží, popř. jako nejvýše čtvrtina objemu neovladatelného retenčního prostoru starších nádrží (cca více než 200 let) – vliv historických nádrží se zčásti odráží v hydrologických údajích ČHMÚ [4];

b) pro úpravu rozdělení prostoru existující nádrže (ΔV_{RN}) – celková velikost upraveného objemu retenčního prostoru (včetně původního objemu retenčního prostoru) – ovladatelné a neovladatelné objemy retenčních prostorů se započítávají podle bodu a).

Schéma transformačního účinku nádrže je uvedeno na obr. 2.

U nádrží s retenčním účinkem hrozí také naddimenzování ochranných prostorů vzhledem k objemu očekávaného přítoku do nádrže při povodni. Při návrhu retenčních nádrží



Obr. 2. Schéma transformačního účinku nádrže – znázornění objemu vody kontrolovaného retenční nádrží

v povodí (popř. při úpravě rozdělení prostorů již vybudovaných nádrží) musí být vždy posouzena efektivnost navržených retenčních prostorů (popř. jejich změn) tak, aby nemohlo dojít k umělému nadhodnocení některých variant.

■ Pro úpravu odtokových poměrů je parametr W definován jako podíl objemu vody zadržené v krajině realizací této úpravy a objemu povodňové vlny v hodnoceném profilu. Pro jeho stanovení je nutné určit objem vody zadrženy v krajině navrženou úpravou. Základní úvahy vycházejí ze schematizované situace rovnoměrného rozložení odtoku v řešeném povodí. Kontrolovaný objem vody závisí na rozložení této úpravy a na rozdílu mezi původním průměrným odtokovým součinitelem $k_{\text{stáv}}$ a předpokládanou průměrnou hodnotou odtokového součinitele navržené úpravy $k_{\text{ÚOP}}$. Při tom vycházíme z předpokladu, že výchozí hodnota odtokového součinitele je již zahrnuta v hydrologickém podkladu a na jejím základě jsou odvozeny parametry povodňové vlny v řešených profilech. Z uvedených předpokladů byl odvozen vztah pro objem vody kontrolovaný posuzovanou úpravou odtokových poměrů

$$W_{\text{ÚOP}} = F_{\text{param}(\text{ÚOP})} \cdot W_{\text{HP}} - F_{\text{param}(\text{ÚOP})} \cdot W_{\text{HP}} \cdot \frac{k_{\text{ÚOP}}}{k_{\text{stáv}}} \quad (4)$$

Je třeba upozornit, že objem vody zadrženy tou samou úpravou odtokových poměrů se může v jednotlivých hodnocených profilech lišit. To je způsobeno tím, že při porovnávání návrhů řešení protipovodňové ochrany metodou odhadu ochranného potenciálu se v každém hodnoceném profilu vychází z konstantní statistické hodnoty doby opakování kontrolní povodně ($N = \text{konst.}$), i když příčinou vzniku právě N -leté povodňové situace může být v jednotlivých profilech jiná srážko-odtoková situace. Parametr W pro úpravu odtokových poměrů má v daném profilu po dosažení do základní rovnice a zkrácený tvar

$$W_{\text{param}(\text{ÚOP})} = F_{\text{param}(\text{ÚOP})} \cdot \left(1 - \frac{k_{\text{ÚOP}}}{k_{\text{stáv}}}\right) \quad (5)$$

Dojde-li úpravou odtokových poměrů ke zvýšení očekávaného součinitele odtoku nad hodnotu původního součinitele odtoku $k_{\text{stáv}} < k_{\text{ÚOP}}$, zhoršuje taková úprava retenční schopnosti daného území. Zhoršení bude v tomto případě vyjádřeno zápornou hodnotou objemu zadrženy vody $W_{\text{ÚOP}} < 0$ a vliv takto navržené úpravy pro všechny níže položené profily je negativní.

Parametr F , tzv. parametr hydrologické vzdálenosti, vzájemně porovnává plochu povodí konkrétního protipovodňového opatření F_{PPO} s plochou povodí území ochraňovaného před účinky povodní, tj. hodnoceného profilu F_{HP} podle základního vztahu

$$F_{\text{param(RN)}} = \frac{F_{\text{RN}}}{F_{\text{HP}}}, \quad (6)$$

Toto bezrozměrné číslo udává, jak je dané opatření blízko území ochraňovaného před účinky povodní. Čím je F_{param} větší, tím více se F_{PPO} přibližuje ploše F_{HP} , a má tedy i větší význam pro protipovodňovou ochranu tohoto profilu.

■ Pro stanovení parametru F nově navržené úpravy toku (resp. výchozí hodnoty neškodného průtoku) platí, že pokud je průtok v hodnoceném profilu zajištěn bez omezení retenčního účinku inundace, je význam úpravy hodnocen pouze v daném profilu, kde $F_{\text{ÚT}} = F_{\text{HP}}$, a tedy

$$F_{\text{param(ÚT)}} = 1. \quad (7)$$

V tomto případě má parametr F maximální možnou hodnotu, tj. není důležité, ve které části povodí vznikne povodňová situace, jelikož je vyloučen nekontrolovaný přítok z mezipovodí.

Dojde-li úpravou toku k vyloučení (resp. omezení) retenčního účinku přílehlé inundace, musí být navržená úprava posuzována také ve všech níže ležících profilech. Povodí $F_{\text{ÚT}}$ se stanoví k tomu profilu úpravy toku, kde je objem charakterizující omezení retenční funkce inundace stejný nad tímto profilem i pod ním. Plocha povodí k tomuto „charakteristickému“ profilu s omezením retenční funkce inundace je zpravidla menší než plocha povodí vztahená k hodnocenému profilu $F_{\text{ÚT}} < F_{\text{HP}}$, a tedy $F_{\text{param(ÚT)}} < 1$. V případě souvislé úpravy toku se využije rozdělení na více samostatně hodnocených prvků protipovodňové ochrany (např. první část v hodnoceném profilu – se zanedbatelným omezením retenčního účinku inundace a druhá část mezi hodnocenými profilem s výrazným omezením retenčního účinku inundace).

■ Parametr F retenčního účinku nádrže se stanoví podle rovnice (6). Místo plochy povodí protipovodňového opatření F_{PPO} se do čitatele doplní plocha povodí hodnocené retenční nádrže F_{RN} nebo nádrže, u které je navrhována změna rozdělení prostoru nádrže $F_{\Delta\text{RN}}$. Do jmenovatele výrazu se dosadí plocha povodí k řešenému hodnocenému profilu F_{HP} a základní rovnice má tedy tvar

$$F_{\text{param(RN)}} = \frac{F_{\text{RN}}}{F_{\text{HP}}}, \quad F_{\text{param(\Delta\text{RN})}} = \frac{F_{\Delta\text{RN}}}{F_{\text{HP}}}. \quad (8), (9)$$

■ U úpravy odtokových poměrů se parametr F stanoví obdobně jako při hodnocení retenčních nádrží nebo úpravy toku. Pro část povodí je definován jako podíl plochy povodí, kde se úprava předpokládá, a plochy povodí hodnoceného profilu

$$F_{\text{param(ÚOP)}} = \frac{F_{\text{ÚOP}}}{F_{\text{HP}}}, \quad (10)$$

Jinými slovy, parametr úpravy odtokových poměrů vyjadřuje podíl plochy, na které je úprava navržena, a celkové plochy povodí.

Je zřejmé, že metoda odhadu ochranného potenciálu, založená na parametrech postihujících umístění v povodí (F) a

objemu kontrolované části povodňové vlny (W) nepostihuje v celé šíři komplikovanou problematiku průchodu a průběhu v konkrétním povodí. Není podchyceno:

- nebezpečí negativního souběhu povodňových vln z dílčích povodí,
- riziko neprovedení (resp. neprovedení včas) manipulací na objektech,
- riziko omezení funkce prvku protipovodňové ochrany splaveninami nebo rozměrným splávním apod.

Z tohoto důvodu byly rovněž prověřovány možnosti podrobnějšího hodnocení zařazením dalšího parametru. Pokud není použito dalšího parametru se však pro neúměrné zvýšení požadavků na vstupní informace a velké riziko vnesení subjektivních názorů ukázalo pro daný typ úloh jako nevhodné.

Hodnocení

Metoda odhadu ochranného potenciálu byla vytvořena pro prvotní předběžné porovnání všech navržených variant uspořádání protipovodňových opatření v uceleném povodí. Principem vyhodnocení je porovnání očekávaných přínosů jednotlivých variant protipovodňové ochrany nebo porovnání očekávané hodnoty ochranného potenciálu. Pro celkové vyhodnocení variant lze stanovit rozdílné požadavky na zabezpečení protipovodňové ochrany v jednotlivých profilech (podle očekávaného rozsahu povodňových škod při výskytu povodně). Hodnocením ochranného potenciálu výchozího uspořádání povodí získáme první přehled o rozdílné míře ochrany jednotlivých profilů (obcí nebo objektů v povodí). Zjištění výchozího stavu je důležité a nezbytné pro vyjádření budoucích očekávaných přínosů navržených variant uspořádání prvků protipovodňové ochrany. Kromě navržených prvků a plánovaných úprav je proto třeba znát také základní parametry existujících objektů ovlivňujících průběh povodní v daném povodí. Základní hodnocení každého prvku protipovodňové ochrany je definováno jako součin parametru F a parametru W pro daný prvek

$$HOD_{\text{PPO}} = F_{\text{param}} \cdot W_{\text{param}}. \quad (11)$$

Ochranný potenciál všech protipovodňových opatření, která mohou ovlivnit průběh povodní (pozitivně i negativně) v daném profilu se stanoví jako součet hodnocení jednotlivých opatření

$$HOD_{\text{HP}} = \sum_{i=1}^n (HOD_{\text{PPO}})_i, \quad (12)$$

kde i je počet protipovodňových opatření zahrnutých do hodnocení v daném profilu.

Obdobně se ochranný potenciál každé varianty uspořádání prvků protipovodňové ochrany (výchozích nebo nově navržených) stanoví jako součet ochranných potenciálů všech hodnocených profilů pro danou variantu řešení

$$HOD_{\text{HP}}^{\Sigma\text{HP}} = \sum_{i=1}^b (HOD_{\text{HP}})_i, \quad (13)$$

kde b je počet hodnocených profilů (konstantní pro všechny varianty).

Nejlepší ochranu před povodněmi by měla zajistit varianta řešení s maximálním ochranným potenciálem ($HOD_{\text{VAR}}^{\Sigma\text{HP}}$)

= max). Uvedené kritérium však neposkytuje podrobnosti o očekávané ochraně (tj. ochranném potenciálu) v jednotlivých hodnocených profilech. Mezi profily „maximální“ varianty mohou být značné rozdíly. Jen zřídka je třeba maximalizovat ochranný účinek varianty řešení bez ohledu na různé požadavky na zabezpečení ochrany před povodněmi v jednotlivých hodnocených profilech. Pro podrobnější posouzení a odpovědnější výběr variant z navrhovaného souboru je třeba se zaměřit na hodnotu ochranného potenciálu v řešených místech povodí (tab. 1).

Tab. 1. Rozdělení hodnocených profilů podle očekávaných povodňových škod

Skupina	Očekávané povodňové škody v hodnocené lokalitě (výchozí stav)
A	ztráty na životech
A	významné majetkové škody s dlouhodobým vlivem na širší region, omezení funkcí širšího území na více než 1 rok
B	významné majetkové škody postihující dlouhodobě okolí, omezení funkcí lokality na více než 1 rok
B	významné majetkové škody se střednědobým vlivem na širší region, omezení funkcí širšího okolí lokality na 6 až 12 měsíců
C	významné majetkové škody se střednědobým vlivem na okolí, omezení funkcí lokality na 6 až 12 měsíců
C	ojedinelé významné škody na jednotlivých objektech bez omezení funkcí lokality
D	lokální méně významné škody na jednotlivých objektech nebo v územích bez omezení funkcí lokality (zatopené sklepy, ztráty na úrodě v zemědělství atp.)

Nejdůležitější je zajištění maximální protipovodňové ochrany, zejména v neohroženějších částech povodí. Proto se přednostně porovnají všechny varianty podle součtu ochranných potenciálů v hodnocených profilech skupiny A. Podle tab. 1 jsou do skupiny A zařazena místa, kde jsou při povodni ohroženy lidské životy nebo vznikají rozsáhlé škody ovlivňující fungování širšího regionu s předpokládanou dobou obnovy delší než jeden rok. Pro hodnocené profily skupiny A je ochranný potenciál vyjádřen

$$HOD_{VAR}^{\Sigma HPSkupA} = \sum_{i=1}^b (HOD_{HPSkupA})_i, \quad (14)$$

kde b je počet hodnocených profilů skupiny A.

Je zřejmé, že vyhodnocení podle uvedených postupů se nemusí pro jednotlivé varianty shodovat. Pokud by se ve zkoumaném souboru vyskytlo více variant s obdobným

ochranným potenciálem v hodnocených profilech skupiny A, je vhodné obdobným způsobem porovnat varianty v profilech skupiny B.

Výsledná varianta (varianty) je pak snadno identifikovatelná podle dosažených hodnot ochranných potenciálů v nejvíce ohrožených místech v povodí, tj. podle maximálního dosaženého ochranného potenciálu v hodnocených profilech skupin A a B.

Závěr

Metoda odhadu ochranného potenciálu nabízí možnosti porovnání očekávaných účinků libovolného počtu variant uspořádání prvků protipovodňové ochrany v uceleném povodí. Očekávaný efekt každého opatření je porovnán přímo ve zvolených místech povodí (hodnocených profilech), při povodňových situacích se stejnou pravděpodobností překročení. Způsob hodnocení metodou odhadu ochranného potenciálu byl výběrem parametrů přizpůsoben počátečním fázím návrhu protipovodňových opatření, kdy je málo podrobných podkladů pro řešení. Vnesení dalších kritérií, které by znamenalo alespoň částečné zpřesnění odhadu očekávaného účinku, by současně vyžadovalo relativně podrobné informace, které buď nejsou v této fázi návrhu dostupné, nebo jejich pořízení je nákladné, anebo umožňují vnesení subjektivního pohledu do hodnocení. Nevýhodou schematizace problému do dvou parametrů je skutečnost, že není přesně řešeno, jak budou jednotlivé prvky protipovodňové ochrany fungovat při povodních (jaké bude snížení průtoku, jaký bude vzájemný časový posun přítoků z dílčích povodí apod.). Také není zohledněn význam provozních vlastností jednotlivých opatření na spolehlivost zajištění protipovodňové funkce.

Navržená metoda by sama o sobě neměla sloužit k definitivnímu výběru výsledné varianty řešení pro realizaci. Zvolené možnosti je nutno podrobněji propracovat a znovu porovnat (jinými způsoby), popř. zhodnotit i podle jiných kritérií (pořizovací a provozní náklady, omezení funkcí území, vliv na životní prostředí atp.). Kombinací relativního přínosu navržených variant protipovodňové ochrany a odhadu nákladů na realizaci lze porovnávat i očekávaný přínos v různých povodích (tj. vzájemné porovnání více investičních akcí).

Příspěvek byl připraven v rámci spolupráce na grantovém projektu č. 103/040701 GA ČR.

Literatura

- [1] Strategie ochrany před povodněmi pro území České republiky. Ministerstvo zemědělství ČR, 2000, www.mze.cz.
- [2] Blažek, V. D.: Malá velká rozhodnutí 2003. [Sborník], konference „Vodní toky“, Hradec Králové, 2003, s. 34.
- [3] Drbal, K. – Polenka, E.: K možnostem řešení ochrany před škodlivými účinky povodní v rámci zpracování plánů oblastí povodí. [Sborník], konference „Vodní toky“, Hradec Králové, 2004, s. 87.
- [4] Kubát, J.: Spolupráce ČHMÚ s povodňovými orgány. Seminář „Protipovodňová ochrana“. ČVTVHS, Praha, 2004.
- [5] Křivka, P.: Využití suchých nádrží v protipovodňové ochraně. [Doktorská dizertace], ČVUT Praha, 2005.

Křivka, P.: Methodology of Protective Potential Estimation for Assessment of Flood Protecting Measures Systems in Entire River Basins

In general, flood protection should be designed as an effective system of technical and non-technical flood protecting measures and structures. Specific flood protecting solutions are favoured according to the locality characteristics. This contribution shortly presents methodology created for estimation of the protective potential of designed systems of flood protecting measures (structures) in a river basin. This comparison and assessment could be processed in a several locations of the river basin in a very beginning stage of design.

Křivka, P.: Methode zur Schätzung des Schutzpotenzials für die Bewertung von Systemen des Hochwasserschutzes in ganzen Einzugsgebieten

Der Hochwasserschutz sollte ein geschlossenes System von sowohl technischen (wasserwirtschaftliche und bauliche Maßnahmen, technische Schutzverfahren in der Land- und Forstwirtschaft) als auch anderen Schutzmaßnahmen (legislative, organisatorische, städtebauliche, Verkehrs- Umweltschutzmaßnahmen usw.) bilden. Je nach den konkreten örtlichen Bedingungen des vor den Wirkungen des Hochwassers zu schützenden Territoriums wird größeres oder geringeres Gewicht auf die einzelnen Typen von Maßnahmen und die Wahl der Schutzweise gelegt. Im Beitrag wird kurz eine einfache vergleichende Methode vorgestellt, die für einen primären Vergleich der voraussichtlichen Wirkung des vorgeschlagenen Systems von Hochwasserschutzmaßnahmen im Rahmen ganzer Einzugsgebiete dienen kann.

AQUA-THERM 2005

22. až 26. listopadu, Praha

Předposlední listopadový týden se bude konat na pražském Výstavišti v Holešovicích již dvanáctý mezinárodní odborný veletrh vytápění, ventilace, klimatizační, měřicí, regulační, sanitární a ekologické techniky **AQUA-THERM INTERNATIONAL PRAHA 2005**.

Skladba veletrhu zůstává téměř nezměněna a je zaměřena na zdroje tepla a odvozy spalin; rozvody, armatury, regulace, měření a služby pro dálkové sítě, místní sítě a přípojky; vytápění, potrubní rozvody, armatury, regulaci a měření v budovách; čerpadla, dmychadla, kompresory, ventilátory; klimatizaci, větrání, čištění, odsávání, sušení vzduchu a plynu; chlazení; zdravotní techniku a zařizovací předměty; izolace; montážní, servisní a provozní služby, nářadí a příslušenství, bezpečnost práce; ekologické, ekonomické a úsporné využití energie; sauny, bány, solária; informatiku a poradenství.

V doprovodném programu veletrhu se budou konat Konference TZB 2005 – Nízkoenergetická výstavba se zaměřením na ekonomické hodnocení cílené energetické regenerace budov, zvyšování hospodárnosti provozu systémů TZB, novou evropskou legislativu, vytápění, větrání a chlazení obytných budov.

www.ppa.cz
www.tzb-info.cz

● zprávy

Rekonstrukce unikátní kubistické vily

Vila v Libodřicích na Kolínsku patří mezi skvosty českého kubismu. Pro majitele velkostatku Adolfa Bauera ji v letech 1912–1914 navrhl Josef Gočár. Málokterý tvůrce by dovedl zosobnit moderní českou architekturu lépe než on. Jeho dílo se dělí do několika etap, k vrcholným dílům patří již první stavby ve stylu moderny. Lámanými krystalickými formami se přihlásil ke kubismu v architektuře. V tomto stylu postavil dům U Černé Matky Boží a lázeňský dům v Bohdanči. Třetím, veřejnosti méně známým dílem, je právě vila v Libodřicích. Význam objektu spočívá v jedinečnosti slohu – kubismus se v architektuře projevil pouze v Čechách, a proto nenajdeme kubistickou stavbu v jiné zemi, u nás se jich dochovalo jen patnáct.



Do nákladné rekonstrukce této unikátní kulturní památky se pustila Nadace českého kubismu. Vila je značně zchátralá, naštěstí však její vzhled nebyl žádnou přestavbou narušen a zachovaly se i některé součásti původního interiéru. Po celkové rekonstrukci, která by měla být dokončena v roce 2006, bude vila sloužit jako instalovaná kulturní památka, tzn. bude zařízena kubistickým nábytkem, aby navodila atmosféru moderního venkovského sídla desátých a dvacátých let minulého století. V patře pak bude umístěna expozice věnovaná dílu Josefa Gočára, českému kubismu a historii vily. Návštěvníci budou moci vstoupit do haly, pokojů a jídelny, zpřístupněna bude i koupelna, kde se dochovalo původní zařízení, i další technické zázemí vily. Původní krytina střechy – klasické bobrovky z roku 1914, by měly být nahrazeny obdobnými taškami z produkce společnosti Tondach, takže vzhled střechy po rekonstrukci nenaruší ráz budovy.

Po vzniku Československé republiky se Gočár podílel na zrodu rondokubismu a národního slohu, jehož obloučkové ornamenty měly vyjádřit osobitost českých kulturních tradic. Je znám jeho výborný regulační plán pro Hradec Králové, ve kterém dospěl ve stylovém projevu až ke zmonumentalizovanému funkcionalismu, jehož příkladem je kostel sv. Václava na Čechově náměstí v Praze.

Tisková informace

Vodohospodářské dopady změny klimatu a Kjótský protokol

Ing. Anna VEDRALOVÁ
Ing. Veronika HORVATHOVÁ
prof. Ing. Zdeněk KOS, DrSc.
ČVUT – Fakulta stavební
Praha

Klimatická změna způsobená hlavně vzrůstem koncentrací skleníkových plynů bude významným problémem 21. století. Článek shrnuje a hodnotí aktivity vědců, politiků a vodohospodářů směřující k omezení emisí a vlivů skleníkových plynů. Vodní hospodářství směřuje k adaptaci na rostoucí hydrologickou variabilitu metodami integrovaného vodního hospodářství.

Úvod

Planeta Země je proti jiným tělesům Sluneční soustavy klimaticky stabilní. Tento jev je způsoben řadou mechanismů, jako je např. interakce atmosféry, hydrosféry, biosféry, a v neposlední řadě slunečním zářením. Není zde nutně podrobně popisovat energetickou bilanci Země. Přesto je nezbytné se zmínit, že díky přirozenému skleníkovému efektu, který je způsobován skleníkovými plyny, jakými jsou vodní pára, oxid uhličitý, oxid dusný, metan, apod., je naše planeta ohřívána asi o 33 °C, a díky tomu je možný život na Zemi. Tento předpoklad by mohl vést ke klamnému závěru, že planetu máme stabilní, skleníkový efekt je vlastně potřeba, tak proč se těmito záležitostmi vůbec zabývat. Je však na místě upozornit, že koncentrace skleníkových plynů v atmosféře neustále stoupají.

Výsledky vědeckého úsilí, hodnotící změnu klimatu a jejich dopad, jsou soustřeďovány zejména ve zprávách IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), a to především ve třetí hodnotící zprávě, tzv. TAR (Third Assessment Report). Poprvé byla problematika klimatické změny řešena na politické úrovni v roce 1992 v Rio de Janeiro a závěry shrnuty v konvenci UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change). Na jejím základě se pořádají téměř každoročně konference stran, tzv. COP (Conference of Parties), které se snaží stanovené zásady konkretizovat a následně dovést strany k akcím vedoucím ke snížení emisí skleníkových plynů, zvýšení jejich propadů a redukci důsledků změny klimatu. Vyvrcholením tohoto úsilí je Kjótský protokol, který byl přijat na třetí konferenci smluvních stran v roce 1997 a vstoupil v platnost v únoru letošního roku.

Vědecký rozměr problému

Základem současného vědeckého poznání o klimatické změně je zmíněná TAR, zahrnující výsledky z minulých pěti let výzkumu klimatické změny. Na její přípravě a posouzení spolupracovaly stovky vědců z mnoha zemí. Podle IPCC se změna klimatu a její dopad na život na Zemi promítá různým způsobem do environmentálních a politických otázek.

Celkem bylo charakterizováno šest základních problémů:

- problém je globální a změna klimatu se vztahuje ke koncentraci skleníkových plynů v atmosféře. Emise ze všech zdrojů ve všech zemích dávají koncentraci těchto plynů. Některé země jsou malými producenty a některé velkými emitenty. Pokud bude pouze jedna země redukovat emise, celkový výsledný efekt bude téměř nulový;
- problém je dlouhodobý, tzn. emise CO₂ v atmosféře zůstávají cca sto let, některé plyny jsou v atmosféře i tisíc let. Budoucí generace, které budou změnou klimatu ovlivněny, se dnešních jednání nemohou účastnit;
- spojené lidské aktivity jsou konzervativní, přičemž emise skleníkových plynů se vztahují k různým lidským činnostem;
- ve všem je obsažena nejistota, a to jak k rozsahu klimatické změny a jejím důsledkům, tak k nákladům, zisku a bariérám pro zavedení jejich řešení;
- následky jsou potenciálně nevratné a jsou rozloženy nerovnoměrně, např. stoupaní hladiny moří a jiné následky globálního oteplování mohou trvat tisíce let. Chudé společnosti se na vliv klimatické změny mohou hůře adaptovat;
- globálního vyjednávání o možnostech zmírnění změny klimatu se účastní jen některé organizace. Na konvenci o klimatu v roce 1992, za účasti USA jako člena, se zainteresované strany dohodly, že je třeba stabilizovat koncentraci skleníkových plynů na úrovni, která by vyloučila nebezpečný antropogenní vliv na klimatický systém (pojem „nebezpečný“ byl na následujících konferencích smluvních stran COP různě interpretován). V roce 1997 byl uzavřen Kjótský protokol.

Výsledky TAR byly zpracovány ve třech pracovních skupinách (Working Group – WG I, WG II a WG III):

■ **WG I** – shrnuje poznatky o existenci a projevech klimatické změny. V dokumentu je konstatováno: ... „*Globální průměrná povrchová teplota (průměr teploty nízkých vrstev vzduchu nad pevninami a teploty povrchu moří) se zvyšuje od roku 1861. Během 20. století nárůst činil $0,6 \pm 0,2$ °C. Stoupla globální průměrná hladina moří a zvýšil se obsah tepla oceánů. Data měření přílivu a odlivu ukazují, že globální průměrná hladina moří v průběhu 20. století vzrostla o 0,1 až 0,2 m*“. A dále: „*Objevil se nový silný důkaz, že většinu oteplení pozorovaného za posledních 50 let lze přičíst lidským aktivitám...*“ za předpokladu, že „*Lidské vlivy budou pokračovat v přeměně atmosférického složení v průběhu 21. století.*“ Odhady budoucího vývoje byly zpracovány na podkladu emisních scénářů speciální zprávy o emisních scénářích, tzv. SRES.

■ **WG II** – závěry zprávy této skupiny jsou nejvýznamnější pro vodní hospodářství, a zejména pro určení dopadů klimatické změny na vodní hospodářství, a proto jsou uváděny podrobněji. Obecná konstatování [2] zahrnují tvrzení: „*Vzrůst teploty již ovlivnil fyzické a biologické systémy.*

Lidské systémy byly ovlivněny vzrůstem povodní a suchem. Přírodní systémy jsou vlivem klimatické změny zranitelné a některé z nich budou nenávratně zničeny. Mnoho antropogenních systémů je citlivých na klimatickou změnu a některé jsou zranitelné. Předpovídané změny klimatických extrémů mohou mít závažné důsledky. Adaptace je nutná pro doplnění mitigace (zmírňování následků) klimatické změny. Adaptace, udržitelný rozvoj a zvyšování rovnosti se mohou vzájemně posilovat."

Vzrůst teploty již ovlivnil fyzické a biologické systémy. Posuzování vlivu klimatické změny, které se již projevilo, se uvažuje z hlediska fauny a flóry, hydrologie a glaciologie, ale také z celkového trendu probíhajících změn ve vztahu k teplotě. U fauny a flóry se vzrůst teploty projevil jako posun rozsahu v zeměpisné šířce a výšce, změně vegetačního období, dřívějším začátkem kvetení, přemnožením hmyzu, změnou migrace ptáků a dalšími jevy. V hydrologii a glaciologii se projevil táním ledovců a trvale zmrzlé půdy, pozdějším zamrznutím a dřívějším uvolněním řek a jezer od ledu. Směr změn také potvrzuje vliv klimatické změny na fyzické i biologické systémy. Ukazuje se, že 90 % fyzických a 80 % biologických analyzovaných případů se mění v souladu s očekávaným vztahem k teplotě.

Podkladové studie WG II prokázaly, že antropogenní systémy jsou již ovlivňovány častějším výskytem povodní a suchem v některých oblastech. Tyto oblasti však byly vystaveny i změnám sociálně ekonomických faktorů a způsobem využití krajiny. Relativní vliv klimatické změny a ostatních faktorů je obtížné kvantifikovat a bude dále zkoumán. Ztráty v důsledku živelních katastrof vzrostly od padesátých let minulého století zhruba desetkrát.

Mnoho antropogenních systémů je citlivých na klimatickou změnu a některé jsou zranitelné. Jsou to zejména vodohospodářské systémy, zemědělství, lesnictví, rybníkářství a rybářství, lidská sídliště, průmysl, energetika a finanční služby. Jak vodní zdroje, tak nároky na vodu v ostatních uvedených systémech tvoří položky vodohospodářské bilance, a proto na ně bude zaměřena pozornost. Nejzranitelnější jsou hlavně systémy pro zabezpečení potravy a vody, zabezpečení lidského zdraví, infrastruktury a systémy sociálně ekonomické (zejména příjmy a zaměstnanost). Vodní hospodářství se podílí jak na zabezpečení vody pro obyvatelstvo, zemědělství a průmysl, tak pro infrastrukturu. Kvalita a zdravotní nezávadnost pitné vody má úzký vztah k lidskému zdraví. Zranitelnost proto kolísá v závislosti na geografickém umístění, času, době a sociálních a environmentálních podmínkách. Předpovídané změny klimatických extrémů mohou mít závažné důsledky jak na antropogenní, tak na přírodní systémy. Tyto vlivy můžeme rozdělit na teplotní a hydrologické.

Teplotní impakty klimatických extrémů spočívají ve změnách maximálních a minimálních teplot. Velmi pravděpodobně se vyskytnou vyšší maximální teploty, více horkých dnů a skupin horkých dnů téměř ve všech oblastech země. To zřejmě povede k vyšší úmrtnosti a vážným chorobám starších občanů, většímu teplotnímu stresu dobytek a divokých zvířat, posunu cílů cest turistů a vzrůstu rizika škod řady plodin, potřeby elektrické energie pro chlazení a poklesu spolehlivosti její dodávky. Dají se předpokládat nejen změny maximálních, ale také minimálních teplot, tj. vyšší a vzrůstající minimální teploty, méně chladných a mrazivých dnů a skupin chladných dnů téměř ve všech oblastech země. Impakty tohoto jevu mohou být jak pozitivní, tak negativní, např. pokles lidské aktivity, chladem podmíněná úmrtnost, pokles škod u některých plodin a rostoucí riziko pro jiné

plodiny, vzrůstající aktivita některých plevelů a chorob rostlin, pokles nároků na energii k vytápění. Negativní impakty však převažují.

S klimatickou změnou jsou spojeny hydrologické impakty, tj. změny extrémních hydrologických událostí, a to jak sucha, tak povodní. Pravděpodobně vzroste v řadě oblastí evapotranspirace, která s nedostatkem srážek může vést ke vzniku sušších oblastí ve většině středních částí kontinentů (ve středních šířkách). Z toho vyplývá pokles úrody plodin, poškození základů budov při sesychání půdy, pokles kvantity a kvality vodních zdrojů a vzrůst rizika lesních požárů. Naopak se dají očekávat intenzivnější srážky, což je v mnoha oblastech velmi pravděpodobné. S povodněmi jsou spojeny další rizikové události, např. sesuv půdy, bahna a lavin, vzrůst eroze půdy a v důsledku toho vyšší tlak na státní a soukromé pojišťovací systémy a zdravotní pojišťovny. Pozitivním efektem může být zvýšení vydatnosti zdrojů podzemní vody v inundacích vlivem předcházející povodně.

■ **WG III** – zkoumala možnosti omezování emisí skleníkových plynů a zvýšení propadů, prostředky a způsoby mitigace, náklady a zisky z mitigace. Vyústila k výzvě k mitigaci a dalšímu výzkumu.

Tab. 1. Přehled konferencí COP smluvních stran UNFCCC

COP	Místo	Termín	Náplň konference
1	Berlín	28.3. – 7.4.1995	adekvátnost obsahu UNFCCC z hlediska jejího dopadu na omezení výskytu skleníkových plynů Berlínský mandát
2	Ženeva	8.7. – 19.7.1996	–
3	Kjóto	1.12. – 11.12.1997	Kjótský protokol
4	Buenos Aires	2.11. – 13.11.1998	naplnění konkrétních emisních cílů akčního plánu
5	Bonn	25.10. – 5.11.1999	hodnocení národních sdělení
6	Haag	13.11. – 25.11.2000	jednání nevedla k závěrům
6 bis	Bonn	16.7. – 27.7.2001	pokračování COP 6 Bonnská dohoda, Politická deklarace
7	Marrákeš	29.10. – 10.11.2001	Marrákešský patent
8	New Delhi	23.10. – 1.11.2002	deklarace o změně klimatu a udržitelném rozvoji
9	Milán	1.12. – 12.12.2003	jednání pokračovala pouze v technických otázkách
10	Buenos Aires	6.12. – 17.12.2004	dohoda po 10 letech

Základem politického úsilí o mitigaci klimatické změny a jejich dopadů je Rámcová úmluva o změně klimatu (dále jen UNFCCC), která byla uzavřena v roce 1992 na konferenci OSN o životním prostředí a rozvoji v Rio de Janeiru. Konstatuje, že klima planety Země je ohroženo emisemi skleníkových plynů, zejména v důsledku spalování fosilních paliv. Zavazuje smluvní strany, aby věnovaly maximální úsilí omezování emisí. Politické úsilí vyvinuté v rámci této úmluvy lze nejlépe charakterizovat přehledem konferencí COP (tab. 1).

COP – 1 Diskuze o adekvátnosti obsahu Rámcové úmluvy z hlediska jejího dopadu na snížení emisí skleníkových plynů. Konference konstatovala, že formulace v konvenci obsažené jsou nedostačující. Byl přijat Berlínský mandát.

COP – 3 Kjótský protokol stanovuje kvantitativní redukční emisní cíle smluvních států a možnosti jejich dosažení. Omezení se týkají oxidu uhličitého, metanu, oxidu dusného, hydrogenovaných fluorovodíků, polyfluorovodíků a fluoridu sírového. Tyto emise se budou přepočítávat na ekvivalent CO₂ (podle radiační účinnosti). Přes silnější radiační účinky ostatních skleníkových plynů je kyslíčnický uhlíčitý nejvýznamnějším antropogenním skleníkovým plynem, protože je emitován v největším množství. Protokol ukládá povinnost státům Dodatku I, aby do prvního období (2008–2012) snížily jednotlivě nebo společně emise skleníkových plynů nejméně o 5,2 % v porovnání se stavem proti roku 1990 (Česká republika o 8 %). Protokol počítá i s bilancemi emisí, což znamená, že lze snižovat závazky dané protokolem, tzv. propady emisí skleníkových plynů, tj. absorpci vyvolanou změnami ve využívání krajiny (např. zalesňování). Dne 1. ledna 2005 byla v rámci EU zahájena činnost trhu s povolenkami na emise oxidu uhličitého. Evropská komise schválila ČR národní alokační plán, který umožňuje emitovat 97,6 mil. t skleníkových plynů ročně. Národní alokační plán je sestavován na úvodní období let 2005 až 2007, druhé období bude trvat do roku 2012. Alokační plán se vztahuje na 436 českých podniků a určuje počet povolenek, obchodovatelných v rámci EU, jednotlivým podnikům.

Kjótský protokol vytváří tři tržní mechanismy umožňující stranám redukovat náklady na plnění závazků redukce skleníkových plynů:

- společnou implementaci (JI, Článek 6) může každá strana přílohy B KP (tj. rozvinuté a tranzitivní státy) převést na jinou stranu jednotky snížení emisí, které jsou výsledkem projektů zaměřených na snížení antropogenních emisí skleníkových plynů podle zdrojů nebo zvýšením propadů v kterémkoli odvětví národního hospodářství za předpokladu, že každý takový projekt byl dotčenými stranami schválen. Každý takový projekt přinese snížení emisí ze zdrojů nebo zvýšení propadů a je doplňkem situace, k níž by došlo jinak. Převzetí jednotek snížení emisí bude doplněno domácími zásahy pro splnění emisních závazků;

- účelem mechanismu čistého rozvoje (CDM, Článek 12) je napomáhat stranám, které nejsou zahrnuty do Dodatku I, dosáhnout udržitelného rozvoje, přispět ke svrchovanému cíli UNFCCC a napomáhat stranám Dodatku I ke splnění kvantifikovaných závazků na omezení a snížení emisí. Umožňuje průmyslovým zemím investovat v rozvojových zemích. Na základě mechanismu čistého rozvoje stran, které nejsou zahrnuty do Dodatku I, budou mít prospěch z působení projektů, jejichž výsledkem bude ověřené snížení emisí. Strany Dodatku I smějí užít ověřené snížení emisí, které vyplývá z takového působení projektů, aby přispěly ke splnění části svých kvantifikovaných závazků na omezení a snížení emisí podle závazku;

- obchodování s emisemi (ET, Článek 17) umožňuje zemím, společnostem a zařízením kupovat nebo prodávat emise s cílem snížit náklady na dodržení závazků. Konference stran bude definovat principy, formy, pravidla a směrnice, zejména pro ověřování, podávání zpráv a odpovědnost za obchodování s emisemi. Strany uvedené v Příloze B Kjótského protokolu se mohou podílet na obchodování s emisemi za účelem splnění svých závazků. Každý takový obchod bude doplňkem domácích aktivit na omezení a snížení emisí na základě příslušného článku.

COP – 5 Výsledkem hodnocení Druhých národních sdělení států Dodatku I o plnění závazků byla bilance emisí skleníkových plynů: „... ve většině dalších států Dodatku I pokračuje i nadále nárůst emisí v porovnáním s referenčním rokem Kjótského protokolu, tj. rokem 1990.“ Konference konstatovala nárůst emisí zejména v rozvojových státech, které ovšem nemají emisní cíle stanoveny.

COP – 6bis V Bonnské dohodě a politické deklaraci státy uvedené v Dodatku II UNFCCC (s výjimkou USA) přislíbily do roku 2005 rozvojovým státům poskytnout finanční prostředky ve výši 410 mil. USD ročně na podporu vzdělávání, aplikaci nových technologií, adaptační procesy na odstraňování následků změny klimatu.

COP – 7 Marrákešský patent (The Marakesh Accord) obsahuje soubor dokumentů a textů navržených k přijetí na prvním zasedání COP/MOP-1 po vstupu Kjótského protokolu v platnost. Na tento dokument budou navazovat další kola jednání. Stručný popis přijatých dohod: „Zajišťování kapacit pro plnění UNFCCC a KP, vývoj a transfer technologií založením expertní skupiny, která bude kontrolovat kvalitu a využívání technologií. GEF (Global Environment Facility) fond UNDP spolupracující s UNEP a Světovou bankou pro dosažení environmentálních cílů, byl požádán o finanční podporu“. Bylo tak dosaženo dohody o formě finanční podpory pro rozvojové státy.

COP – 8 V deklaraci o změně klimatu a udržitelném rozvoji v souvislosti s potlačováním chudoby je diferencována odpovědnost stran pro jednotlivé státy, a to v závislosti na prioritách národního rozvoje a dalších okolnostech přijetí závazků UNFCCC.

COP – 10 Jednání se zaměřila na plnění konvencí po deseti letech a dosažené výsledky, impakty změny klimatu, adaptační opatření a trvale udržitelný rozvoj, technologie a změnu klimatu, mitigaci změny klimatu (politická rozhodnutí a jejich dopad).

Možnost dalších postupů

Z hlediska dlouhodobých opatření je realizace Kjótského protokolu vlastně již krátkodobou záležitostí. Proto je třeba si uvědomit, jaké mechanismy pro snižování množství skleníkových plynů vypouštěných do atmosféry jsou možné a politicky přípustné, a přitom dostatečně efektivní. Dokument [4] zkoumá klíčové prvky, které v souhrnu vytvářejí mezinárodní architekturu ochrany klimatu. Tyto prvky zahrnují zákonný charakter závazku (závazný/ nezávazný), typ dohod (závazků) o snížení skleníkových plynů (emise či související taxy), rozsah akcí (regionální, národní, globální), použití tržních mechanismů. Je zde poskytován krátký souhrn sedmi různých přístupů k ochraně klimatu. Není vyčerpávajícím přehledem přístupů, ale vytváří rozsáhlé spektrum možností do budoucna. Každý z nich má své výhody a nevýhody, žádný z nich není nejlepší. Systém musí dosáhnout mezinárodního souhlasu průmyslových i rozvojových zemí. Ochrana atmosféry před nebezpečím klimatické změny nadcházející dekády musí být svědkem překlenování těchto rozdílů mezi bohatšími a chudšími zeměmi. Bude třeba rovněž uvážit, co dělat, když nebudou nové způsoby navrhování mezinárodní kooperace přijaty. Dále uvedené přístupy jsou kompatibilní a žádný z nich nereprezentuje nejlepší vhodný přístup pro všechny země.

■ Kjótský protokol vytváří startovací bod pro budoucí diskuzi o ochraně klimatu, vytváří limit pro emise průmys-

lových zemí, ale nevytváří formální limit pro rozvojové země. Joanna Depledge [4] vysvětluje kontext běžných problémů mezi průmyslovými a rozvojovými zeměmi v procesech vyjádření stavby protokolu a jeho procedur.

■ Harald Winkler a jeho kolegové [4] zkoumají inovační přístupy pro rozvojové země, jenž by měly přispívat k ochraně klimatu. Pro většinu těchto zemí není klimatická změna nejnaléhavější prioritou. Politika a opatření pro udržitelný rozvoj SD-PAMs (Sustainable Development Policies and Measures) by měla být stanovena v souladu s jejich potřebami. Přístup je ilustrován na případové studii Jižní Afriky.

■ Přístup je stavěn na fungujícím projektu a jeho potenciální aplikaci v Mexico City. Sektorové mechanismy čistého rozvoje CDM (Sector-Based Clean Development Mechanism) reprezentují expanzi na pokrytí veškerého národního sektoru (jako upevnění nebo produkce moci) nebo geografických oblastech (jako samosprávné obce). Tento přístup by mohl podporovat redukci emisí a podporovat udržitelný rozvoj – dvě očekávání při produkci (jako produkt) CDM – napříč širším souborem aktivit. Tento přístup by mohl také přinést finanční prostředky z fondů typu SD-PAMs. Protože definice vytčených projektů je v současné době neurčitá, nová pravidla by mohla vytvořit operativní přístup v relativně blízké budoucnosti.

■ Cíle s dvojitou intenzitou (Dual-Intensity Targets) jsou novým přístupem pro strukturování účasti na snížení emisí skleníkových plynů v rozvojových zemích. Jsou zkoumány dvě odlišné myšlenky. „*Dynamické cíle a dvojité cíle – a jak individuálně a v kombinaci mohou být použity k redukci základních nejistot v zavazování se k omezení emisí skleníkových plynů.*“ Prokazování cílů omezení emisí skleníkových plynů je problematický proces. Úroveň budoucích emisí nelze předvídat (především v rozvojových zemích) a země jsou ostražitě k závazkům, které by se mohly ukázat jako nepřiměřeně tvrdé. Nyní ze slabých cílů nevyplývá dostatečně environmentální zisk. Dynamické cíle se liší od pevných cílů z Kjótského protokolu. Jednak se přizpůsobují variantám s typicky silným vlivem na emisní úroveň, jednak může být použit více než jeden cíl. Z tohoto hlediska byla zkoumána možnost použití málo a hodně intenzivních cílů, mezi kterými by země mohly zaujímat bezpečnou zónu, kde by nebylo ani vyhovění, ani prodej emisních povolenek.

■ Bouille a Girardin [4] popisují neúspěšný pokus Argentiny navrhnout a zavést omezení skleníkových plynů na základě dobrovolnosti. Dobrovolný závazek (Argentine Voluntary Commitment) ukázal několik poučení, a to v rozhodování k závazkům a dobrovolným cílům a ve specifikaci podstaty cílů a úrovní, které by mohly být použity v jiných zemích uvažujících o podobných akcích.

■ Brazilský návrh (Brazilian Proposal) se zabývá redukcí podle odpovědnosti za globální oteplování na základě vypouštěných emisí. Nejvýznačnější znak je jeho volání po sdílení redukci emisí na základě odpovědnosti každé země za globální teplotní růst. Tato myšlenka je odvozena od principu „znečišňovatel platí“. Tento návrh je jediným přístupem z citovaného svazku, který byl oficiálně navržen UNFCCC. Původně byl předložen v červnu 1997 před přijetím Kjótského protokolu a pozměněn v roce 1999. Ačkoli hrál důležitou úlohu při vyjednávání v Kjótu, nedošlo ke shodě. Přesto může být účinný v budoucích debatách o formě globální ochrany klimatického systému.

■ Systém rozdělování omezení emisí na jednotlivé země na základě rovného podílu na hlavu (Per Capita Entitlements) si získal asi nejvíce pozornosti. Myšlenka rovného

podílu na hlavu je založena na názoru „spravedlivé“ možnosti sdílení a zpracování návrhů, že každá osoba je oprávněna emitovat stejné množství skleníkových plynů. Nejzajímavější variantou přístupu je, že emise se musí snižovat až k zamezení nebezpečí klimatické změny. Kromě toho emise na osobu musí směřovat k úrovni, která je stejná napříč všemi zeměmi. Analýzou byla stanovena kritéria, jako je rovnost a aplikace spravedlivých podmínek, důležitost mezinárodního obchodování s emisemi a schopnost podílet se na rozmanitosti národních poměrů.

Vodní hospodářství za klimatické změny

Na základě obecných poznatků a politického úsilí o řešení problémů klimatické změny a jeho dopadů lze analyzovat, jaké postupy a opatření bude třeba učinit ve vodním hospodářství. Vhodnou metodou je integrované vodní hospodářství, kterou je však třeba přizpůsobit dopadům klimatické změny. Jde o nejlepší metodu pro adaptaci na klimatickou variabilitu a způsob, jak se vypořádat s klimatickou změnou a jejím dopadem na hydrologii. Vyžaduje harmonizaci postupů, institucí, opatření (zákonných opatření, povolení, monitorování atd.), plánování, provozu, údržby a návrhových směrnic pro vodohospodářské instituce zabývající se racionálním využitím vodních zdrojů a ochrany vod. Efektivní využití metody předběžné opatření v praxi znamená, že integrované vodní hospodářství nemůže čekat na definitivní závěry a vědecké poznatky o klimatické změně a váhat s rozhodnutími, jejichž odklad by mohl vést k nezvratným jevům a škodám.

■ Musí se přizpůsobit ve své institucionální struktuře klimatické změně. Přitom lze uvažovat různé typy integrace:

- vertikální se vztahuje na úrovně od uživatele až po rozhodující orgány příslušných ministerstev (od obcí až po orgány EU);
- horizontální zahrnuje spolupráci mezi institucemi odpovědnými za hospodaření zdroji v povodí;
- interdisciplinární zahrnuje všechny významné disciplíny včetně sociálně ekonomických, technických, hydrologických a ekologických;
- funkční zahrnuje různé stupně přípravy a provozu staveb a opatření od plánování, návrhu, provozu a řízení, údržby a monitorování;
- politická zahrnuje nevládní instituce, uživatelské skupiny a obyvatelstvo ve všech aspektech vodního hospodářství a rozhodování.

■ Principy, z nichž integrované vodní hospodářství vychází, se týkají hlavně vztahu veřejnosti. Voda je nezbytná pro výrobu i soběstačnost. Každý by měl mít přístup k bezpečnému a zajištěnému vodnímu zdroji. Voda je sociální a ekonomický statek, jehož hodnotu je třeba v projektech uvažovat. Účast veřejnosti je nedílnou součástí vodního hospodářství. Finanční podpora vodnímu hospodářství by měla být minimalizována. Vodní hospodářství by mělo být v jistém smyslu soběstačné, zajistit to efektivní využití vodních zdrojů. Některé vodohospodářské služby a výroby mohou být privatizovány (týká se to především výroby elektrické energie, zásobování obyvatelstva a průmyslu vodou).

■ Klimatická změna má globální dopad, který se projevuje na různých úrovních (např. UNFCCC a jejich konferencí COP, vliv realizace KP):

- mezinárodní, zahrnující hraniční problémy,
- národní, např. na úrovni ministerstev,
- povodí, např. v působnosti Podniků povodí,
- místní, např. ovlivňuje výstavbu obecních čistíren odpadních vod, vodohospodářské problémy jednotlivých domácností a domů.

■ Vodní hospodářství vždy počítalo s klimatickou variabilitou a svými stavbami a opatřeními se snažilo její negativní vlivy zmírnit nebo potlačit. Může se však stát, že vzniknou extrémní situace, na něž nebyly současné stavby ani infrastruktura navrženy. Nelze spoléhat na tradiční metody a předpokládat, že bude dostatek času na adaptaci k nevratným změnám. Při plánování vodohospodářských opatření je třeba počítat s ochranou proti nečekaným jevům a nejistotám. Tváří v tvář novým problémům musí integrované vodní hospodářství uvažovat o nových metodách. Patří mezi ně opatření pro redukci ztrát vody a jejího znečištění, směřování k robustním a odolným vodohospodářským systémům, dokumentování a uvažování očekávané nejistoty v požadavcích na vodu, uvažování spíše možné hranice provozu projektů než jen provoz pro návrhové parametry, vytváření flexibilních manipulačních řádů vodních děl, které by zahrnovaly opatření pro extrémní podmínky.

Závěry

Víme již, že zhoršení skleníkového efektu přinese celkové oteplení, a důsledkem toho i mnoho změn v současném klimatu. V článku jsme se snažili na některé problémy poukázat včetně návrhů možných řešení. Důsledky zvyšování koncentrace skleníkových plynů v atmosféře se již projevují. Ztráty na lidských životech a škody na majetku v roce 2004 byly největší za posledních sto let. Důvodem byl především četnější a intenzivnější výskyt extrémních událostí.

Je to jen náhoda a příroda nám dává pocítit svou převahu, nebo se sám člověk podílí na příčinách přírodních katastrof? Může lidstvo pro předejití katastrof něco udělat, může redukovat jejich dopady a následky? To jsou otázky, které by si měli klást nejen vědci, ale zejména politici, a následně na ně hledat odpovědi.

Literatura

- [1] Summary for Policymakers: Climate Change 2001: Impacts, Adaptation, and Vulnerability: A Report of Working Group II of the Intergovernmental Panel on Climate Change. WMO, Shanghai, 2001.
- [2] Kos, Z. – Přenosilová E.: Vliv klimatických změn na množství a kvalitu vodních zdrojů a na hydrologické poměry v ČR. Výpočty scénářů a zhodnocení změn hospodaření v nádržích. Simulační výpočty hospodaření nádrží v podmínkách ovlivnění hydrologického režimu. Zpráva VaV/650/3/02, 2002.
- [3] United Nations: World Summit on Sustainable Development. Key Outcomes of the Summit OSN, Johannesburg, 2002.
- [4] Baumert, K. A. – Blanchard, O. – Liosa, S. – Perkaus, J.: Building on the Kyoto Protocol: Options for Protecting the Climate. World Resources Institute, Washington, D. C., 264 p.
- [5] Kos, Z. – Přenosilová, E.: Dopady klimatické změny vyvolané zesílením skleníkového efektu na vodní zdroje a vodní hospodářství ČR. Praha, NKP 2000.
- [6] Výzkum dopadů klimatické změny vyvolané zesílením skleníkového efektu na Českou republiku. Shrnutí výsledků získaných v DP 02: Výzkum dopadů klimatické změny vyvolané zesílením skleníkového efektu na sektory hydrologie, zemědělství a lesního hospodářství a vliv klimatických změn na lidské zdraví. Projekt VaV/740/1/00. Praha, NKP 2000.
- [7] Výzkum dopadů klimatické změny vyvolané zesílením skleníkového efektu na Českou republiku. Zpráva o výsledcích řešení DP 02 za rok 2001: Výzkum dopadů klimatické změny vyvolané zesílením skleníkového efektu na sektory hydrologie, zemědělství a lesního hospodářství a vliv klimatických změn na lidské zdraví. Projekt VaV/740/1/00. Praha, NKP 2001.
- [8] Košková, R.: Vliv globální změny klimatu na hydrologický režim povodí Bíliny a plnění zbytkové jámy Bílina. [Doktorská dizertace], ČVUT Praha, 2003.

Článek byl zpracován za podpory výzkumného záměru VZ 02 CEZ MSM/6840 770002/ „Revitalizace vodního systému krajiny a měst zatíženého významnými antropogenními změnami“.

Vedralová, A. – Horvathová, V. – Kos, Z.: Water Management Impacts of Climate Change and Kyoto Protocol

Climate change caused mainly by increase of concentration of GHG will be a serious issue of the 21st century. This paper reviews the activities of scientists, politicians and water management aiming at reduction of GHG emissions and their impacts mitigation. Water management is aimed at the adaptation to increasing hydrologic variability by methods of integrated water management.

Vedralová, A. – Horvathová, V. – Kos, Z.: Auswirkungen der Klimaveränderung auf die Wasserwirtschaft und das Kyoto-Protokoll

Die Veränderung des Klimas wird ein bedeutendes Problem des 21. Jahrhunderts sein. Diese Klimaveränderung wird vor allem durch den Anstieg der Konzentration der Treibhausgase bewirkt. Der Artikel summiert und wertet verschiedene auf eine Reduzierung der Emission von Treibhausgasen und ihrer Einflüsse gerichtete Aktivitäten von Wissenschaftlern, Politikern und Wasserwirtschaftlern. Die Wasserwirtschaft zielt auf eine Anpassung an die hydrologische Variabilität durch Methoden der integrierten Wasserwirtschaft hin.

Stavební obzor na CD

Ročníky

2002, 2003 a 2004

ve formátu pdf si lze objednat u distributora, popř. v redakci našeho časopisu

Cena:

1 ročník na CD
včetně krabičky a přebalu 400 Kč
poštovné + balné (dobírka) 100 Kč

Objednávky:

Ing. Milan Gattringer, MG DTP, Borovanská 3388,
143 00 Praha 4, tel./fax: 241 770 220,
e-mail: mgdtp@volny.cz

Vliv mletého cihelného střepu jako pucolánové příměsi na vlastnosti vápenné omítky

RNDr. Vratislav TYDLITÁT, CSc.

Ing. Pavel TESÁREK

Ing. Aleš KUNCA

prof. Ing. Robert ČERNÝ, DrSc.

ČVUT – Fakulta stavební, Praha

prof. RNDr. Pavla ROVNANÍKOVÁ, CSc.

VUT – Fakulta stavební, Brno

Článek popisuje použití dvou druhů mleté cihelné keramiky jako pucolánových příměsí do vápenné omítkové malty a jejich vliv na základní tepelné, mechanické a vlhkostní vlastnosti takto upravených omítek. Výsledky experimentů ukazují, že přidávkem mleté cihly se zlepšily mechanické vlastnosti a přenosové parametry vody a vodní páry, ostatní vlastnosti se výrazně nemění.

Působení mleté cihly

Chemická analýza mnoha exteriérových omítek historických staveb ukázala, že obsahují látky vytvořené reakcí vápna s pucolánovými přísadami [5]–[8]. Jílová surovina pro výrobu hrubé stavební keramiky obsahuje kaolinit $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$, illit $\text{KAl}_4\text{Si}_7\text{O}_{20}(\text{OH})_4$ a montmorillonit $\text{KAl}_3\text{MgSi}_8\text{O}_{20}(\text{OH})_4$. Při výpalu na 900 až 950 °C jílové minerály dehydrují, krystalická struktura se stane amorfní, minerály se rozloží a vytvoří se nové sloučeniny, mezi nimi rentgenoamorfní metakaolinit $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_7$. Ten pak reaguje s hydroxidem vápenatým a vznikají obohacené sloučeniny, jako je C_3AH_6 (hydrát trikalciualuminátu) a C_2ASH_8 (hydratovaný gehlenit). Podle složení pucolánové přísady se tvoří látky podobné hydratačním produktům tvrdnutí portlandského cementu [3].

Při použití recyklované cihelné keramiky jako pucolánové příměsi do vápenné malty pro omítání však mohou vzniknout dva problémy, které nesmíme zanedbat. Prvním je množství dalších materiálů, které při demolicích kromě cihly získáme, zejména malta obsažená v ložných a styčných spárách, a zbytky omítky. Jednou z možností řešení je využití třídících linek k odstranění nežádoucího materiálu, popř. stanovení vhodného podílu cihelné drti. S tímto základním problémem souvisí i to, že u nových výrobků je obtížné přesně deklarovat jeho vlastnosti, především mechanické, tepelně technické i ostatní užitné, protože závisí na vstupní (recyklované) surovině, která může mít rozdílné vlastnosti.

Větší problém souvisí s rozpustnými solemi obsaženými především ve spodních partiích budov nad neizolovanými základy, popř. v částech budov v blízkosti komunikací – chodníků a silnic, kde se v zimním období používá chlorid sodný jako rozmrazovací prostředek. Sůl může být také ve stavebním materiálu již obsažena nebo se dostane do konstrukce z podloží. Problematika solí a zasolování bývá podceňována, což při cyklickém zmrazování a rozmrazování konstrukce může vést k závažným poruchám, u omítek jde zejména o narušení způsobené krystalizací solí. Výkvěty, které jsou především u historických budov nežádoucí, se vytvářejí celoročně.

Metody měření

Popis metod pro jednotlivá měření je uveden v pracích [2] a [3], zde se omezíme na stručný přehled ověřovacích metod. Základní vlastnosti byly určeny pomocí Archimédových vah, na šesti vzorkcích 50 x 50 x 25 mm byla stanovena objemová hmotnost, hustota matrice materiálu a otevřená porovitost.

Úvod

Přidávání mletého cihelného střepu do vápenné omítkové malty je motivováno tím, že při jejím tvrdnutí dochází vlivem chemického složení cihelné keramiky k pucolánové reakci. Klasické pucolánové materiály nejsou v našich lokalitách dostupné, proto se je snažíme nahradit surovinami, které jsou u nás běžné a cenově dostupné. Nepominutelnou snahou je využití druhotných (recyklovaných) surovin.

K dalším možnostem využití odpadu vznikajícího při výrobě plných cihel, cihelných bloků, cihelných tvarovek, střechních tašek a doplňků patří uplatnění jako pojiva do betonu, k výrobě antuky nebo úpravě polních cest. Obecně je známé použití cihlobetonu, který se vyrábí přidáním cihelné drti z přepalků, cihelných nebo keramických odpadů, popř. recyklovaného zdiva, místo části kameniva. Tento materiál s velmi dobrými izolačními schopnostmi patří mezi lehké betony s pevností na hranici 12/15 MPa (většinou jsou předepsána další omezení, např. podíl cihelné drti). Firma TUSCO [1] např. vyrábí prefabrikované prvky až o výšce jednoho podlaží, určené pro stavbu rodinných domů a garážových stání. Základním výrobním materiálem je cihelit, tj. směs cihelné drti, přírodního písku a cementu. Antuka z tohoto materiálu se používá k výstavbě a opravě povrchů sportovišť, výrobě speciálních formovacích směsí ve slévárenství, úpravě povrchu parkových cest, a mimo jiné, jako substrát pro rostliny.

V pracích [2], [3], [4] jsme informovali o vývoji vápenných omítek s přidávkou různých pucolánových příměsí pro zlepšení jejich vlastností. Tento text navazuje především na práci [3]. Jako pucolánová příměs do vápenné omítky byl použit mletý cihelný střep výrobce TONDACH Česká republika (Dolní Jirčany). Dále jsou zde doplněny vlastnosti vápenné omítky s mletým cihelným střepem z Cihelny Hodonín [4], zejména mechanické (pevnost v tlaku a tahu za ohybu), a výsledky porovnány s údaji pro omítku z Dolních Jirčan.

Mechanické vlastnosti byly ověřovány na třech vzorcích 40 x 40 x 160 mm volně uložených v laboratoři s relativní vlhkostí okolo 50 % a průměrnou teplotou 25 °C. Po 7 a 28 dnech tvrdnutí se zjišťovala pevnost v tlaku a v tahu za ohybu. Pevnost v tlaku se zjišťovala na polovinách zkušebních tělísek, která vznikla po zkoušce pevnosti v tahu za ohybu, zatěžovací plocha byla 40 x 40 mm. Pevnost v ohybu byla stanovena metodou standardního tříbodového ohybu se vzdáleností podpor 100 mm, přičemž zatěžovací síla působila v polovině rozpětí vzorku.

Při měření tepelných vlastností se sledoval vliv vlhkosti na hodnoty součinitele tepelné vodivosti λ [$\text{Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$] a objemové měrné tepelné kapacity c_p [$\text{Jm}^{-3}\text{K}^{-1}$], pro kterou se přístrojem Isomet 2104 zjišťovaly hodnoty pro suchý materiál, hodnoty pro vlhké materiály byly dopočteny podle směšovacího pravidla. Měření se provádělo na třech vzorcích 70 x 70 x 70 mm s definovanou vlhkostí stanovenou gravimetricky.

Měřením nasákavosti v závislosti na čase byl získán absorpční součinitel vlhkosti a z něho vypočtena průměrná hodnota součinitele vlhkostní vodivosti. Obsah nasycené vlhkosti byl vypočten na základě syčení omítek vodou po odvodušnění. Faktor difúzního odporu byl stanoven miskovou metodou. Měření se provádělo v termostatické skříni s relativní vlhkostí 98 %, silikagel v misce vytvářel prostředí s relativní vlhkostí 5 %. Sorpční izotermy pro jednotlivé materiály byly určeny podle hmotnosti vzorků malt při sorpci vodní páry v prostředí s definovanou relativní vlhkostí nad nasyceným roztokem anorganické soli do ustálení.



Obr. 1. Zařízení na měření retenčních křivek vlhkosti

Pro měření retenčních křivek vlhkosti (obr. 1) byla použita metoda tlakové desky [9]. Vzhledem k tomu, že pro stavební materiály se nepoužívá příliš často, věnujeme se jejímu popisu podrobněji. Měřicí přístroj je sestaven ze čtyř částí:

- soupravy nádob pro vysoký tlak,
- soupravy keramických desek pro tlakové namáhání 50, 100, 300, 500 a 1 500 kPa,
- aparatury pro regulaci přetlaku mezi 3 až 1 500 kPa,
- zdroje vzduchu 0 až 1 500 kPa.

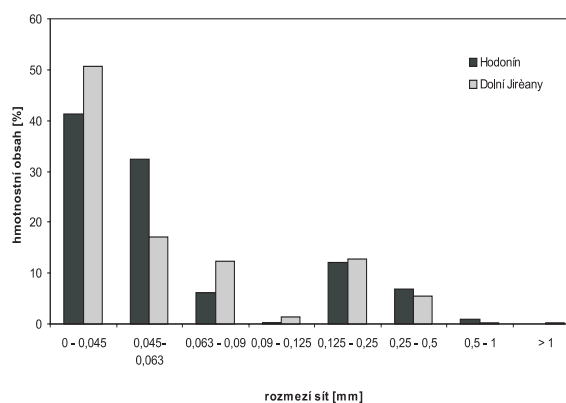
Kapilárně vodou nasycené vzorky byly umístěny do extrakční nádoby na keramickou desku, kterou pro dobrý kontakt pokrývala kaolinová pasta nebo filtrační papír (velmi jemně strukturovaná látka). Nádoba byla tlakově uzavřena těsnícími šrouby. V rozsahu, který umožňuje keramická deska, byl aplikován kompresorem zvolený tlak. Výtokovou hadicí vytlačena kapalina odtékala do byrety s ustálenou hladinou v okamžiku ustavení rovnováhy. Experiment byl v tomto okamžiku zastaven, nádoba otevřena a vzorky zváženy. Stejným způsobem se pokračovalo za postupného zvyšování tlaku. Z hmotnosti vzorků při každém tlaku byla vypočítána vlhkost

a sestrojena retenční křivka závislosti vlhkosti materiálu na tlaku (3, 30, 60, 150, 200, 300, 400, 800 a 1 500 kPa).

Kromě zkoušek a experimentů k určení mechanických, tepelně technických, transportních a akumulacních vlhkostních vlastností se zjišťoval vliv solí na materiál obsahující mletý cihelný stěp. U tří zkušebních těles 40 x 40 x 160 mm z klasické vápenné omítky a vápenné omítky s cihelnou keramikou z Dolních Jirčan, uložených do nádoby s 10% roztokem síranu sodného (Na_2SO_4), se sledoval vzhled, a později i mechanické vlastnosti. Po několika cyklech byly vzorky vyjmuty z roztoku a umístěny v laboratorním prostředí s relativní vlhkostí okolo 50 % a průměrnou teplotou 25 °C, poté opět umístěny do roztoku.

Materiály a vzorky

Pro přípravu vzorků obou druhů omítkových malt s mletou cihlou byly použity stejné základní suroviny jako v předchozích měřeních: křemenný písek 0–4 mm, vápenný hydrát CL90 (Čertovy schody), voda, pucolánová přísada. Vzorky byly připraveny v hmot. poměru vápno : písek : cihla : voda – 1 : 3 : 1 : 1,5; jako pucolánová přísada sloužila mletá cihelná keramika z kulového mlýnu. Vzorek s označením P2 byl z Cihelny Hodonín, vzorek P2* byl mletý cihelný stěp z Dolních Jirčan. Křivky zrnitosti obou mletých cihel jsou porovnány na obr. 2. Je patrné, že pro nejjemnější složky v rozsahu zrnitosti 0,009 až 0,125 mm je průběh rozdílný a zbývající část křivky je velmi podobná. Cihla z Dolních Jirčan obsahuje větší množství nejjemnější frakce do 0,045 mm.



Obr. 2. Distribuce zrnitosti mletých cihel

Chemické složení cihelného stěpu z Hodonína: 69 % SiO_2 a 25 % $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3$, z Dolních Jirčan pak 64 % SiO_2 , 5,2 % Fe_2O_3 a 13,8 % Al_2O_3 . Vzorky vyrobené ve formách nebo nařezané na příslušné rozměry se sušily při teplotě 105 °C.

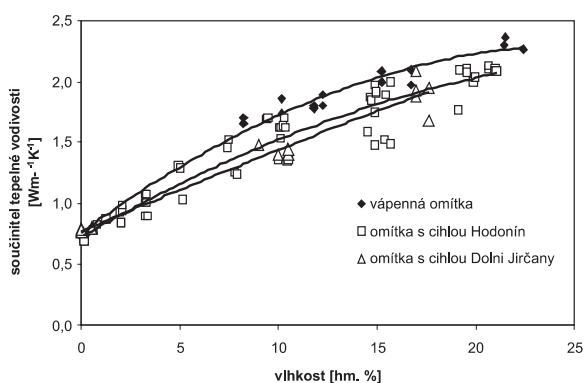
Tab. 1. Porovnání základních vlastností

Omítka	Objemová hmotnost	Hustota matrice	Otevřená pórovitost
	[kgm^{-3}]		[% objemu]
vápenná	1 658	2 520	34
s cihlou Hodonín	1 670	2 517	33
s cihlou Dolní Jirčany	1 727	2 604	34

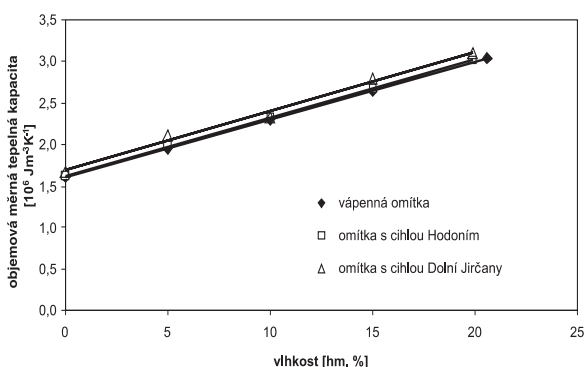
Výsledky experimentů

■ Základní fyzikální vlastnosti porovnávaných materiálů jsou uvedeny v tab. 1. Je zřejmé, že u modifikovaných omítek se téměř nezměnily a obdobné jsou u materiálů s mletým cihelným střepem i u referenční vápenné omítky.

■ Závislost součinitele tepelné vodivosti na vlhkosti je uvedena na obr. 3. Působením cihelné keramiky se snížila tepelná vodivost vápenné omítky v průměru o 10 %, což je jistě pozitivní jev, i když nejde o příliš výrazný pokles. Hodnoty měrné objemové tepelné kapacity v závislosti na vlhkosti jsou uvedeny na obr. 4. Pro všechny tři materiály byl průběh téměř shodný. Hodnoty se nepatrně zvýšily pro materiál s cihelnou keramikou Dolní Jirčany.



Obr. 3. Porovnání součinitele tepelné vodivosti v závislosti na hmotnostní vlhkosti zkoumaného materiálu



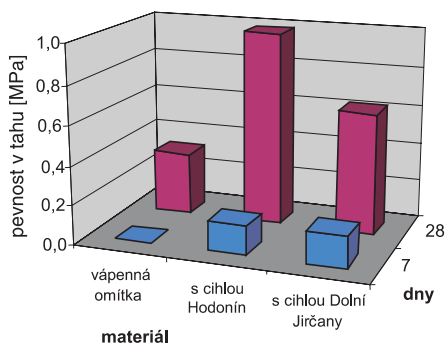
Obr. 4. Porovnání objemové měrné tepelné kapacity v závislosti na hmotnostní vlhkosti zkoumané omítky

■ Součinitele teplotní a vlhkostní délkové roztažnosti jsou uvedeny v tab. 2. Přidáním mletého cihelného střepu se součinitel teplotní délkové roztažnosti téměř nezměnil, součinitel vlhkostní délkové roztažnosti byl nejvyšší pro omítku s přidavkem cihelné keramiky Hodonín, nejnižší pro omítku z Dolních Jirčan.

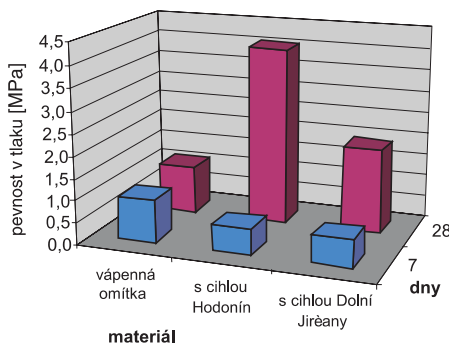
Tab. 2. Porovnání součinitelů teplotní a vlhkostní délkové roztažnosti

Omítka	Součinitel teplotní délkové roztažnosti	Součinitel vlhkostní délkové roztažnosti
	$10^{-5} [K^{-1}]$	$10^{-5} [%kg/kg]^{-1}$
vápenná	1,16	3,3
s cihlou Hodonín	1,08	4,4
s cihlou Dolní Jirčany	1,16	2,7

■ Porovnání pevnosti v tahu za ohybu a v tlaku po 7 a 28 dnech je uvedeno na obr. 5 a obr. 6. U obou těchto mechanických charakteristik došlo ke zvýšení hodnot v porovnání s referenční vápennou omítkou. Lepších výsledků dosáhla po 28 dnech jak pevnost v tlaku, tak pevnost v tahu za ohybu, omítky s cihelným střepem z Hodonína. Pevnost v tahu po 28 dnech byla u srovnávací vápenné omítky 0,32 MPa, zatímco u omítky s cihelnou keramikou z Hodonína 0,99 MPa, což je přibližně trojnásobek, a u omítky s cihelným střepem z Dolních Jirčan 0,62 MPa, tedy přibližně dvojnásobek.



Obr. 5. Porovnání pevnosti v tahu za ohybu



Obr. 6. Porovnání pevnosti v tlaku

Pevnost v tlaku referenční omítky po 28 dnech byla 1,11 MPa, omítky s cihelným střepem z Hodonína 4,06 MPa, tedy přibližně čtyřnásobná. Omítka s cihelným střepem z Dolních Jirčan dosáhla pevnosti v tlaku 1,94 MPa, což představuje nárůst o 80 % v porovnání s referenční vápennou omítkou.

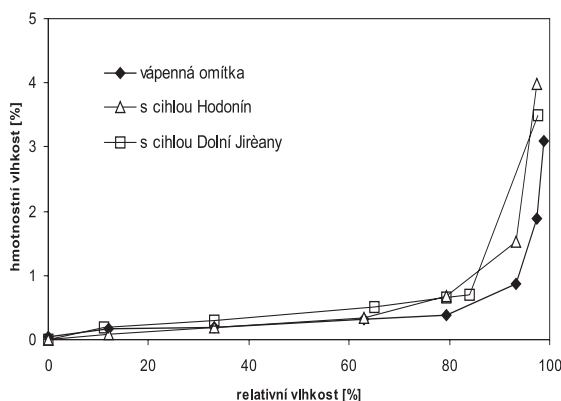
Tab. 3. Porovnání základních vlhkostních vlastností

Omítka	Nasycený obsah vlhkosti	Vlhkostní absorpční součinitel	Průměrný součinitel vlhkostní vodivosti	Faktor difúzního odporu
	$[m^3 m^{-3}]$	$[kgm^{-2} s^{-1/2}]$	$[m^2 s^{-1}]$	
vápenná	0,34	0,241	6,86 E-7	15,0
s cihlou Hodonín	0,33	0,183	3,60 E-7	8,3
s cihlou Dolní Jirčany	0,34	0,126	1,40 E-7	8,4

■ Základní vlhkostní vlastnosti uvádí tab. 3. U omítek s cihelnou keramikou se zpomalilo pronikání kapalné vody do materiálu. To je patrné z hodnot vlhkostního absorpčního experimentu i průměrné hodnoty součinitele vlhkostní vodi-

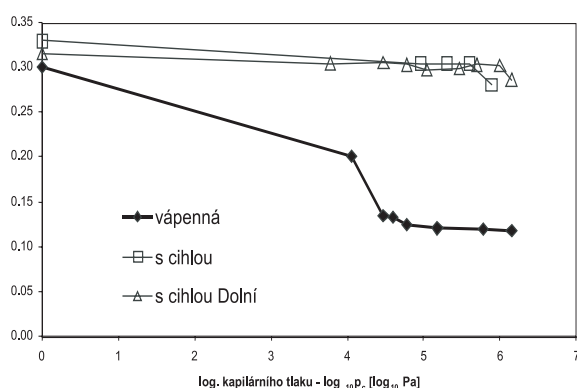
vosti. Součinitel difúzního odporu u omítek s přidavkem cihelné keramiky klesl přibližně na polovinu, z 15,0 na 8,3, resp. 8,4. V tomto směru vyhovuje jako sanační omítka WTA [10].

Porovnání sorpčních izoterem je uvedeno na obr. 7. Výsledky ukazují, že vápenné omítky s přidavkem mletého cihelného střepeu adsorbovaly více vlhkosti než běžná vápenná omítka. Pro všechny tři posuzované materiály je charakteristické, že do relativní vlhkosti 80 % měla adsorpční křivka téměř přímkový charakter, po překonání této hodnoty se množství adsorbované vlhkosti výrazně zvyšovalo. Obě omítky s přidavkem cihelného střepeu dosáhly mírně vyšší maximální hygroskopické hmotnostní vlhkosti než vápenná omítka.



Obr. 7. Porovnání sorpčních izoterem

Retenční křivky vlhkosti jsou uvedeny na obr. 8. Vápenné omítky s mletou cihlou vykázaly srovnatelné vlastnosti v celém rozsahu aplikovaných tlaků. Referenční vápenná omítka dosáhla podstatně nižší vlhkosti při stejném tlaku než obě omítky s přidavkem cihelné keramiky. Při tlaku 300 MPa měla referenční omítka již pouze poloviční objemovou vlhkost v porovnání s maximální vlhkostí.



Obr. 8. Retenční křivky vlhkosti vápenných omítek

Zkušební tělesa referenční vápenné malty i malty s příměsí mletého cihelného střepeu byla podrobena zkoušce odolnosti proti působení roztoku síranu sodného. Přestože vápenopucolánové omítky jsou pevnější a odolnější proti působení roztoků solí (chloridů nebo dusičnanů) v porovnání s vápennými omítkami, z výsledků pozorování na obr. 9 a obr. 10 je zřejmé, že působením síranů dochází k objemovým změnám. Může vznikat thaumazit nebo ettringit, které v důsledku velkého molárního objemu způsobují poruchy materiálu omítky.



Obr. 9. Vápenná omítka den po vložení do roztoku síranu sodného



Obr. 10. Vápenná omítka s mletým cihelným střepeu z Dolních Jirčan po 28 dnech po vložení do roztoku síranu sodného

Diskuze

Uvedené výsledky by měly poskytnout dostatek informací, aby bylo možné posoudit, zda ověřovaný mletý cihelný střepeu je do vápenných omítek vhodnou pucolánovou příměsí. Základní vlastnosti vápenné omítky, jako je objemová hmotnost a pórovitost, byly při porovnání s omítkami s cihelným střepeu téměř shodné. Tepelné vlastnosti se přidáním cihelné keramiky jen nepatrně zlepšily. Součinitel teplotní délkové roztažnosti se také výrazně nezměnil. Součinitel vlhkostní délkové roztažnosti byl ovlivněn negativně u omítky s cihelným střepeu z Hodonína, u omítky z Dolních Jirčan dosáhl podobných hodnot jako u vápenné omítky.

Důležitým jevem, který byl u pucolánových omítek očekáván, bylo zlepšení mechanických vlastností. Pevnost po 28 dnech byla v porovnání s hodnotami vápenné omítky jak s cihelným střepeu z Dolních Jirčan, tak především s cihelným střepeu z Hodonína, výrazně vyšší [3].

Při ověřování vlhkostních vlastností, charakterizujících transport vodní páry, byl pro omítky s příměsí cihelného střepeu zjištěn faktor difúzního odporu přibližně o polovinu nižší než u vápenné omítky bez příměsí. V případě adsorpčních izoterem byl obsah vlhkosti nejnižší u vápenné omítky. Došlo tedy ke zvýšení obsahu adsorbované vody u modifikovaných omítek s pucolánovou příměsí v porovnání s vápennou omítkou, což nelze hodnotit jako pozitivní jev, ale tento nárůst byl poměrně malý. Vzhledem ke stanoveným retenčním křivkám vlhkosti můžeme usuzovat, že referenční vápenná omítka má podíl pórů s větším průměrem, a proto

zadržuje vodu méně než obě modifikované omítky. Odolnost proti pronikání kapalně vody se při použití obou mletých cihelných střepeů zvýšila, lepších výsledků dosáhla omítka z Dolních Jirčan. To může být důsledkem předpokládané jemnější pórové struktury, indikované měřením retenčních křivek vlhkosti.

Odolnost proti krystalizaci síranů se ukázala jako nedostatečná. Již po několika cyklech v roztoku síranu sodného došlo chemickou reakcí k destrukci materiálu. Tyto omítky tedy není možné doporučit zejména pro dolní části budov. Při rekonstrukcích je nutné předem stanovit obsah solí ve zdicím materiálu, na který budou aplikovány.

Závěr

Z výsledků ověřování mechanických, tepelných a vlhkostních vlastností vápenných omítek s pucolánovými přísadami vyplývá, že oba mleté cihelné střepe měly nezanedbatelný vliv na vlastnosti vápenné omítky. Nejpodstatnějším bylo zlepšení mechanických vlastností, způsobené pucolánovou reakcí; ta byla výraznější u vápenné omítky s mletým cihelným střepeem z Hodonína. Tepelné vlastnosti vykazovaly z hlediska tepelné ochrany objektu lepší hodnoty, podobně se zlepšily i některé vlhkostní vlastnosti. Součinitel vlhkostní vodivosti se výrazně snížil především u omítky se střepeem z Dolních Jirčan. Faktor difúzního odporu se u obou omítek snížil na polovinu, což je nesporně také pozitivní. U jiných vlhkostních parametrů došlo k mírnému zhoršení (adsorpční izoterma, retenční křivka vlhkosti). U omítky z Hodonína se zdvojnásobila vlhkostní délková roztažnost, což je negativní výsledek. Z tohoto přehledu je tedy patrné, že oba cihelné střepe byly pro vápennou omítku přínosem v jiných oblastech. Z hlediska zlepšení mechanických vlastností se jeví jako lepší střepe z Hodonína, ale je třeba přihlížet i k ostatním vlastnostem, kde lepších výsledků dosáhla naopak omítka se střepeem z Dolních Jirčan.

Na základě výsledků výzkumu materiálových charakteristik obou vápenných omítek s přísadkou mletého cihelného střepe lze konstatovat, že typ keramiky může mít na vlastnosti omítky zásadní vliv. Při použití jiného typu keramického střepe jako pucolánové přísady je nezbytné zjistit podstatné materiálové parametry omítky. Pro vápenné omítky s přísadkou mletého cihelného střepe nebo cihelné drti je možné použít i recyklovaný materiál, který obsahuje cihlu. Zde je ovšem nezbytné postupovat s rozvahou, protože vyvstává otázka možnosti dokonalého třídění recyklátu, tj. omítky, cihly, malty a ostatních přísad, a v neposlední řadě je třeba vzít v úvahu i možnost přítomnosti solí.

Článek vznikl za podpory výzkumného záměru MŠMT ČR MSM: 6840770003 a projektu č. 21138/013 „Recyklace stavebního odpadu“ Německé spolkové nadace pro životní prostředí.

Literatura

- [1] Prospektové materiály firmy TUSCO, s. r. o.
- [2] Tydlitát, V. – Kunca, A. – Drchalová, J. – Černý, R. – Rovnaníková, P.: Tepelné a vlhkostní vlastnosti vápenné omítky s přísadou metakaolinu. *Stavební obzor*, 12, 2003, č. 4, s. 122–125.
- [3] Tydlitát, V. – Kunca, A. – Drchalová, J. – Jiříčková, M. – Černý, R. – Rovnaníková, P.: Mechanické, vlhkostní a tepelné vlastnosti vápenných omítek s pucolánovými přísadami. *Stavební obzor*, 13, 2004, č. 2, s. 38–44.
- [4] Černý, R. – Drchalová, J. – Kunca, A. – Tydlitát, V. – Rovnaníková, P.: Thermal and Hygric Properties of Lime

Plasters with Pozzolonic Admixtures for Historical Buildings. In: *Research in Building Physics*. Lisse: A. A. Balkema Publisher 2003, pp. 27–33.

- [5] Hanykář, V. – Kutzendörfer, J.: *Technologie keramiky*. Praha, Vega 2000.
- [6] Takemoto, K. – Uchikawa, H.: Hydration of Pozzolonic Cement. *Proceedings of 7th Int. Congress on the Chemistry of Cement*, Vol. 1 (Principal Reports), Paris, 1980, pp. iv–2/1–29.
- [7] Baronio, G. – Binda, L.: Study of the Pozzolanicity of Some Bricks and Clays. *Construction and Building Materials*, 1997, No. 11, pp. 4–46.
- [8] Chabannet, ? et al: Effectiveness of Metakaolin on the Freezing Resistance of Mortar. *Industria Italiana del Cemento*, 2001, No. 3, pp. 240–249.
- [9] SBI Report 295: Retention Curves Measured Using Pressure Plate and Pressure Membrane Apparatus. Horsholm, Danish Building Research Institute 1998.
- [10] WTA Entwurf Merkblatt E 2-9-04/D Sanierputze. München, WTA Publications 2004.

Tydlitát, V. – Tesárek, P. – Kunca, A. – Černý, R. – Rovnaníková, P.: **Effect of Ground Brick Ceramics as Pozzolonic Admixture on Properties of Lime Plaster**

The application of two types of ground brick ceramics as pozzolonic admixtures in lime plaster is described in this paper. The effect of these admixtures on basic, thermal, mechanical and hygric properties of plaster is analyzed. Experimental results show that the addition of ground brick in lime plasters leads to a substantial improvement of mechanical properties and water and water vapour transport properties. The other properties are not changed in a significant way.

Tydlitát, V. – Tesárek, P. – Kunca, A. – Černý, R. – Rovnaníková, P.: **Der Einfluss von Ziegelmehl als Puzzolanbeimischung auf die Eigenschaften von Kalkputz**

Der Artikel beschreibt die Anwendung von zwei Arten von Ziegelmehl als Puzzoanbeimischung in Putzmörtel und ihren Einfluss auf die grundlegenden, thermischen, mechanischen und Feuchtigkeitseigenschaften von dermaßen modifizierten Putzen. Die Versuchsergebnisse zeigen, dass es durch die Zugabe von Ziegelmehl zu einer Verbesserung der mechanischen Eigenschaften und der Übertragungsparameter für Wasser und Wasserdampf kommt. Die übrigen Eigenschaften verändern sich nicht wesentlich.

BATIMAT®
INTERNATIONAL
BUILDING EXHIBITION 2005
7-12 November
PARIS EXPO • PORTE DE VERSAILLES PARIS • FRANCE

www.batimat.com

Moderní geodetické technologie a přístroje pro laserové skenování

doc. Ing. Jiří POSPÍŠIL, CSc.
Ing. Martin ŠTRONER, PhD.
ČVUT – Fakulta stavební
Praha

Příspěvek představuje moderní technologie přímého určení trojrozměrných souřadnic využitím terestrických a leteckých skenovacích systémů s aplikací na výzkum sesuvů svahů a při extrémních vodních stavech.

Úvod

Nová technologie přímého určování trojrozměrných souřadnic upoutala pozornost zejména pro svou rychlost snímání a ohromné množství přímo měřených prostorových bodů. Zprvu byla zaměřena v letecké verzi na tvorbu digitálního modelu terénu. Po překonání dětských nemocí, hlavně při zpracování zjištěných údajů, se velmi progresivně prosazuje technologie pozemního skenování. Tato nová metoda se jeví být podobným fenoménem jako ve své době byla technologie globálního pozičního systému GPS. Skenovací systémy umožňují bezkontaktní určování prostorových souřadnic, trojrozměrné modelování a vizualizaci složitých staveb a konstrukcí, interiérů, podzemních prostor, libovolných terénů apod. s mimořádnou rychlostí, komplexností a bezpečností.

V praxi lze laserové skenovací systémy využívat hlavně ve stavebnictví a příbuzných oborech [1], [2]. Jde zejména o zaměřování složitých technologických celků a konstrukcí, určení skutečného stavu budov nebo mostů, podjezdů, přehradních hrází a dalších objektů či získání podkladů pro výstavbu, údržbu a rekonstrukci liniových staveb (silnic, dálnic a železničních tratí). V neposlední řadě slouží tyto systémy pro topografické mapování tunelů, kamenolomů, svahů a skalních stěn, mapování v dolech a jeskyních, mapování skládek odpadů apod., dále se uplatňují při zakládání staveb, při zpracování dokumentace interiérů a blízkých exteriérů stavebních objektů a přírodních útvarů. Speciální uplatnění nacházejí v oblasti architektury, dokumentace památek a v archeologii.

Princip laserového skenování

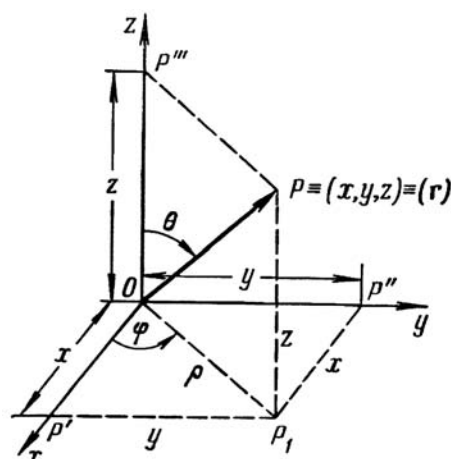
Vzhledem k vlastnostem využívaného záření jsou lasery výhodným zdrojem záření pro skenovací systémy. Nezávisle na typu laseru a konkrétních technických datech je ve vysoké míře monochromatické (úzká šířka spektrální linie proti jiným zdrojům záření, tj. zjednodušeně řečeno jednobarevné), koherentní, intenzivní a s využitím doplňující optické soustavy vysoce směrové [6].

Ve skenovacích systémech je měření vzdálenosti založeno převážně na elektronickém nebo optickém způsobu (měření ze známé základny). Podle principu měření se elektronické dálkoměry využívané ve skenovacích systémech dělí na impulsní, fázové a frekvenční.

Impulsní dálkoměr je založen na měření tranzitního času, který elektromagnetický impuls potřebuje k projití dvojnásobku

měření délky. Vysílač dálkoměru vyšle impuls, který zároveň spustí elektronické měření času. Impuls se odrazí od odrazného systému a dopadá na přijímač dálkoměru, čímž ukončí měření času. Ze známé rychlosti šíření impulsu prostředím lze určit dvojnásobek měřené vzdálenosti. Jelikož je rychlost elektromagnetických vln $3 \cdot 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, je tranzitní čas malý, např. pro délku 30 m je tranzitní čas $0,2 \mu\text{s}$ ($2 \cdot 10^{-7} \text{ s}$), jsou tedy kladeny vysoké nároky na přesnost měření tranzitního času. Fázový dálkoměr je založen na měření fázového rozdílu, který vzniká mezi vysílaným a přijímaným signálem. Z takto zjištěného fázového rozdílu se pak určí měřená délka. Frekvenční dálkoměr je založen na určení zánějí, které vznikají jako produkt skládání časově posunutých frekvenčně modulovaných vln. Optické měření délky využívané ve skenovacích systémech je založeno na řešení obecného rovinného trojúhelníku, ve kterém je známa délka jedné strany (základna) a k ní přilehlé úhly jsou známy nebo měřeny.

Základním principem činnosti laserového skeneru je prostorová polární metoda, jejíž schematické znázornění je na obr. 1. K určení souřadnic bodu P je třeba znát délku průvodiče r (měřená délka) a úhly θ , φ . Úhly jsou získávány například z polohy zrcadel, které rozmítají laserový svazek, a délka například impulsním dálkoměrem skeneru synchronizovaně s polohou zrcadel. Jinou variantou metody je určení polohy bodu ze základny. Výsledkem výpočtu jsou trojrozměrné souřadnice měřeného bodu objektu v souřadnicovém systému skeneru, který je obecně orientován a umístěn.



Obr. 1. Schematické znázornění prostorové polární metody

Body objektu se skenují různými způsoby rozmítání laserového svazku [1], [2], pomocí nichž jsou na povrchu objektu měřeny body v profilech ve zvolené hustotě. Výsledkem měření je mračno bodů. Vzhledem k tomu, že souřadnicový systém skeneru je obecně orientován a umístěn, je většinou nutno provést transformaci bodů do požadovaného souřadnicového systému. Dalším krokem zpracování mračna bodů je jejich aproximace geometrickými

entitami, tj. křivkami a plochami, popř. tělesy. Jakkoli toto vyjádření zní jednoduše, jde o nejnáročnější část zpracování. Geometrii drátových modelů používá mnoho kreslicích systémů. Body zadané prostorovými souřadnicemi jsou spojovány přímkovými segmenty nebo kruhovými oblouky. Tím vzniká model prostorového objektu, který vypadá, jako by byl sestaven z drátů. Další možností je modelování objektu přímo pomocí jednoduchých předdefinovaných objektů, tzv. primitiv. Tato primitiva jsou definována parametricky, svým matematickým vyjádřením. Může jimi být koule, kvádr, válec, kužel apod.

Takto vytvořený digitální model umožňuje měření, úpravy a další operace, ale z hlediska lidského vnímání může být nepřehledný. Proto se přistupuje k vizualizaci, jejíž výsledek slouží jak pro prezentační účely, ale hlavně usnadňuje orientaci v modelu, a umožňuje rozšíření modelu o další údaje, jako jsou materiály, textury, osvětlení apod. Vizualizace spočívá hlavně v přiřazení materiálů (jejich textur), osvětlení a zpracování zobrazení pomocí softwaru. Vytvořený model umožňuje mimo jiné virtuální prohlížení, přičemž jsou jednotlivé snímky generovány s fotografickou kvalitou a lze je využít pro prezentaci modelu, zhodnocení vlivu nové zástavby na stávající ráz krajiny apod.

Typy skenovacích systémů

Skenovací systémy můžeme dělit podle různých kritérií. Jedním z nich je umístění skeneru v prostoru. Je-li skener umístěn na zemi, hovoříme o terestrickém systému, je-li na letadle, pak o systému leteckém. Dělit je můžeme i podle měřicího principu, zorného pole, dosahu a přesnosti určení polohy bodu.

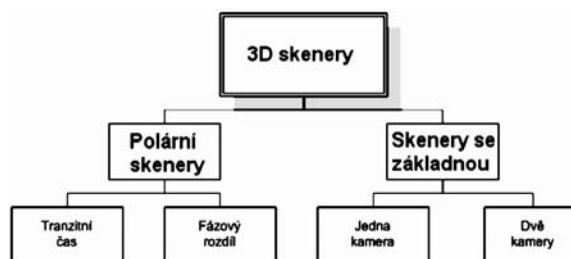
Terestrické systémy

■ Dělení skenerů podle principu

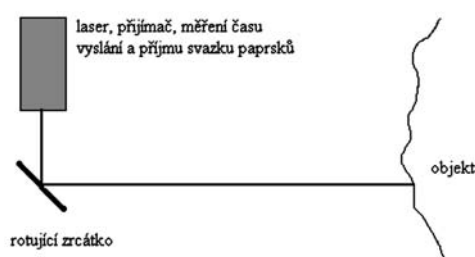
Laserové skenery mohou být děleny do skupin podle měřicího principu (obr. 2). Měřicí principy a uspořádání skenerů je znázorněno na obr. 3 až obr. 5. U skeneru přímo měřicího prostorovou vzdálenost je využito buď měření tranzitního času, a nebo vzniklého fázového rozdílu (obr. 3). U jednokamerového systému je základna tvořena kamerou CCD a středem rotace zrcátka, snímá se stopa laserového svazku na objektu (obr. 4). U dvoukamerového systému je základna tvořena dvěma konvergentně zaměřenými kamerami a projektorem se vytváří světelný řez, nebo se využije opět laser (obr. 5).

■ Dělení skenerů podle zorného pole

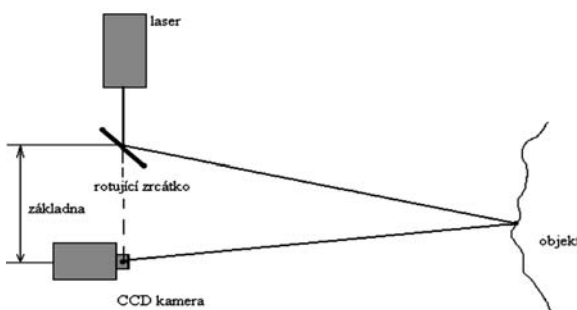
Mezi důležité vlastnosti těchto laserových skenovacích systémů patří tvar zorného pole. Zorné pole je maximální úhlový rozdíl krajních výstupních laserových svazků paprsků. Udává se ve stupních v horizontálním a vertikálním směru. Tato vlastnost je úzce spjata s tím, jakým způsobem je naváděn laserový svazek do bodů rastru. Trojrozměrné laserové skenery obecně fungují tak, že laserový svazek je naváděn podle programu na body rastru ve sloupcích či řádcích, přičemž je měřen horizontální a vertikální úhel a vzdálenost. U některých modelů je tak činěno pomocí systému dvou zrcadel nebo hranolů se vzájemně kolmými osami otáčení. Tento systém umožňuje rozmítnout laserový svazek do relativně malého zorného pole, podobného jako u fotoaparátu nebo kamery (obr. 6a), a tyto skenery se nazývají kamerové [5]. U panoramatických skenerů otáčejí celou dálkoměrnou součastí servomotory, což umožňuje postihnout téměř celé okolí (obr. 6b). K tomu je třeba přihlídnout při volbě stanovisek. Kamerový systém se s výhodou uplatní při skenování vzdálených objektů, panoramatický skener nalezne uplatnění spíše při skenování interiérů.



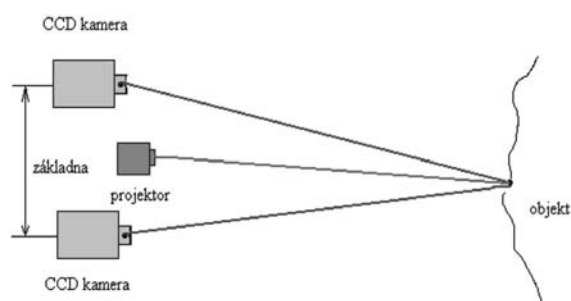
Obr. 2. Skenery podle principu měření



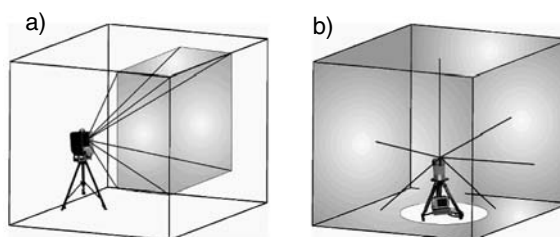
Obr. 3. Skener přímo měřící vzdálenost (polární)



Obr. 4. Skener se základnou – jednokamerový



Obr. 5. Skener se základnou – dvoukamerový



Obr. 6. Kamerový a panoramatický skener

■ Dělení skenerů podle dosahu

Podle dosahu můžeme skenovací systémy přibližně rozdělit do čtyř skupin:

- s velmi krátkým dosahem D1 (0,1 m až 2 m),
- s krátkým dosahem D2 (2 m až 10 m),
- se středním dosahem D3 (10 m až 100 m),
- s dlouhým dosahem D4 (100 m až stovky metrů).



Obr. 7. Skener se základnou ATOS s dosahem D1 a přesností P1 (GOM mbH)



Obr. 8. Panoramatický skener se základnou s dosahem D2 a přesností P2 (MENSI)



Obr. 9. Polární kamerový skener HDS 2500 s dosahem D3 a přesností P3 (Leica)

■ Dělení skenerů podle přesnosti

Podle přesnosti můžeme skenery rozdělit v závislosti na jejich dosahu také do čtyř skupin. Jsou to skenery s malou základnou určené pro menší vzdálenosti skenování D1 s vysokou přesností P1 (0,01 mm až 1 mm), která však se vzrůstající vzdáleností výrazně klesá. Dále skenery s velkou základnou a skenery přímo určující vzdálenost (polární skenery) s krátkým dosahem skenování D2 s přesností P2 (0,5 mm až 2 mm). Polární skenery se středním dosahem D3 s nepatrným poklesem přesnosti měření s narůstající vzdáleností P3 (2 mm až 6 mm), a konečně polární skenery s dlouhým dosahem skenování D4 s přesností P4 (10 mm až 100 mm).



Obr. 10. Polární panoramatický skener LPM-800HA s dosahem D4 a přesností P4 (RIEGL)

Ukázka některých z nich je na obr. 7 až obr. 10. Dalších čtrnáct přístrojů včetně parametrů lze nalézt v publikaci [2].

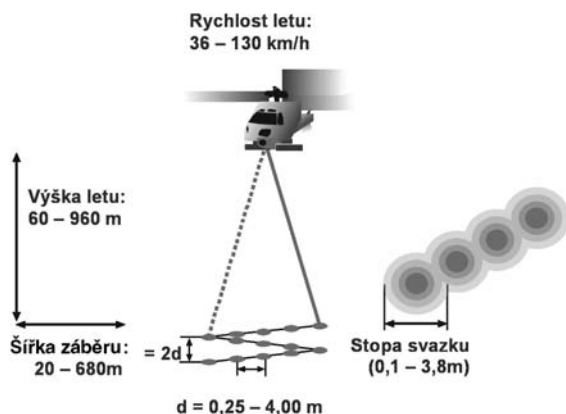
Pro terestrické skenování se v současné době rovněž využívají skenující totální stanice, o nichž bude pojednáno v samostatném článku.

Letecké systémy

Technologie leteckého laserového skenování je ve vyspělých zemích Evropské unie a Spojených státech již běžná. Původně vojenská technologie je známa již dvě desetiletí. Do civilní praxe byla uvolněna koncem osmdesátých let dvacátého století, ale rychlý rozvoj lze vysledovat až během posledních pěti let, kdy se dostala i na území České a Slovenské republiky.

Hustota naskenovaných bodů závisí na výšce a rychlosti letu. Jednou z vlastností svazku paprsků je rozbíhavost (divergence), což znamená, že laserový svazek paprsků má v době vyslání malý průměr, ale při odrazu od skenovaného povrchu se značně zvětší. Podle výšky letu se okrajové části svazku paprsků k sobě přibližují, nebo dokonce překrývají. Průměr stopy svazku paprsků se pohybuje mezi 0,1 m až 3,8 m, v závislosti na systému a výšce letu (obr. 11). Pro určení digitálního modelu terénu a měření plošných území bývá laserový systém instalován v letadle, při měření objektů, kde je požadována větší přesnost a hustota bodů, je nutné ho instalovat do vrtulníku. Letadlo létá zpravidla ve výšce od 200 m do 1 600 m rychlostí kolem 200 km/h. Odstup laserových

stop je tedy asi 0,4 m v podélném a 2 m v příčném směru (TopoSys, obr. 11, obr. 12). Absolutní přesnost měřených bodů se pohybuje mezi 0,1 m až 0,3 m. Z těchto parametrů vyplývá, že takto získaný model terénu svou přesností vyhovuje pro většinu aplikací. Velkou výhodou je rychlost jeho získání a zpracování.



Obr. 11. Poměry při leteckém skenování

Vrtulník nabízí možnost letět výrazně pomaleji než letadlo a může letět i ve velmi malé výšce. Hustota laserových svazků paprsků je tedy několikanásobně větší než v případě letadla. Podle typu systému lze snímat až 30 bodů na 1 m². Tato hustota spolu s přesností, která se pro některé systémy pohybuje v rozsahu 40 až 70 mm, nabízí využití v mnoha oblastech inženýrské geodézie. Časté využití nachází při mapování pozemních komunikací, kde kromě časové nenáročnosti nabízí možnost provádět měření bez nutnosti omezovat provoz na komunikacích, mapování a modelování měst a složitých stavebních objektů, sledování pohybu vysokých říčních břehů a pobřeží, a v neposlední řadě dokumentaci přenosových soustav elektrického vedení.



Obr. 12. Letecký skenovací systém FALCON II (TopoSys)

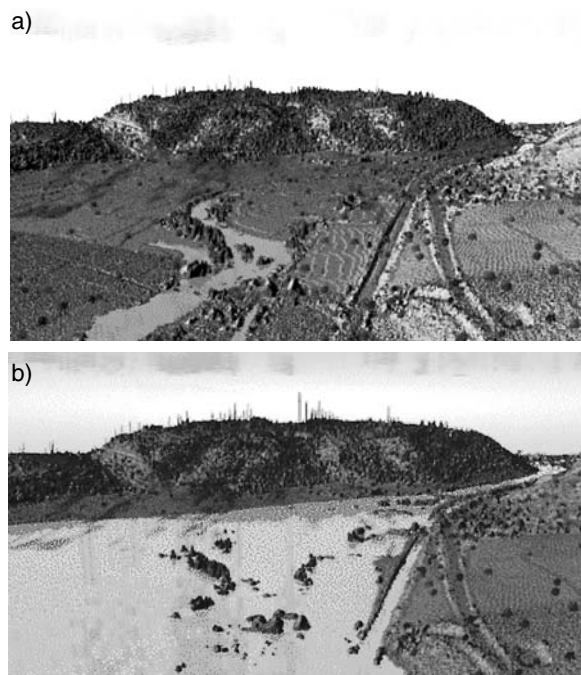
Využití při výzkumu aktivace sesuvů a extrémních vodních stavů

Možnost využití terestrického laserového skeneru je demonstrována na příkladu monitorování sesuvu skalních stěn na zářezu Z6/R35 u Lipníka nad Bečvou (GEODIS BRNO, spol. s r. o.), obr. 13. Dalším příkladem je simulace záplav na digitálním modelu povrchu získaném z leteckého laserového skenování (obr. 14). Data byla pořízena skenerem firmy TopoSys [7]. Obrázek 14a znázorňuje model koryta

řeky za normálního stavu, jako textura byl použit záznam RGB skeneru firmy TopoSys. Obrázek 14b ukazuje stav při stoleté vodě. Hranice zaplavení byla získána jako průnik modelu terénu s plochou vodní hladinou.



Obr. 13. Sesuv skalních stěn



Obr. 14. Modelování stoleté vody

Většina terestrických laserových skenovacích systémů umožňuje nejen vytvořit a porovnávat digitální modely terénu, ale také signalizovat konkrétní body pro sledování (např. odraznými fóliemi nebo kulovými či polokulovými terči) a velmi přesně (vyrovnáním z mnoha nadbytečných měření) určovat jejich polohu. Tyto body lze využít nejen jako vlivovací pro georeferencování posléze vytvořeného modelu, ale také při umístění v zóně deformací jako body sledované s možností přesného určení vektorů změn mezi etapami měření v jednotlivých oblastech sesuvů.

Závěr

Výzkumy a ověřování ukazují, že technologie laserového skenování je velmi vhodná pro monitorování chování svahů v extrémních podmínkách, v extrémních stavech a vyšetřování jejich geometrie. Pro hodnocení nebezpečí záplav lze s výhodou využít metody leteckého laserového skenování.

Článek vznikl za podpory výzkumného záměru MŠMT: MSM 6840770005.

Literatura

- [1] Kašpar, M. – Pospíšil, J. – Štroner, M. – Křemen, T. – Tejkal, M.: Laserové skenovací systémy ve stavebnictví. Hradec Králové, Vega 2003, 112 s.
- [2] Kašpar, M. – Pospíšil, J. – Štroner, M. – Křemen, T. – Tejkal, M.: Laser Scanning in Civil Engineering and Land Surveying. Hradec Králové, Vega 2004, 103 s.
- [3] Luhmann, T.: Photogrammetrie, Laserscanning Anwendung für As-Build – Dokumentation und Facility Management. Heidelberg, Herbert Wichmann Verlag 2002.
- [4] Luhmann, T.: Photogrammetrie, Laserscanning, Optische 3D-Messtechnik. Heidelberg, Herbert Wichmann Verlag 2003.
- [5] Luhmann, T.: Photogrammetrie, Laserscanning, Optische 3D-Messtechnik. Heidelberg, Herbert Wichmann Verlag 2004, 232 s.
- [6] Vrbová, M. a kol.: Lasery a moderní optika. (Oborová encyklopedie). Praha, Prometheus 1994, 474 s.
- [7] www.toposys.de

Pospíšil, J. – Štroner, M.: Modern Geodetical Technologies and Devices for Laser Scanning

This paper introduces modern technologies of direct specification of 3D coordinates using terrestrial and aerial scanning systems. These technologies are applicable in the research of slope slides in extreme water conditions.

Pospíšil, J. – Štroner, M.: Moderne geodätische Verfahren und Geräte zum Laserscannen

Der Beitrag stellt moderne Verfahren zur direkten Bestimmung dreidimensionaler Koordinaten unter Benutzung terrestrischer und Luftbildscansysteme mit Anwendung zur Untersuchung von Hangverschiebungen und bei extremen Wasserständen vor.

• dizertace



Historická rekonstrukce Staroměstského náměstí

Ing. Jiří Skácelík

Práce se zabývá využitím počítačů pro modelování a prostorové zobrazování tvarů a budov v oblasti architektury, urbanismu a památkářství. V dizertaci je vytvořen virtuální model Staroměstského náměstí.

Magnetická diskriminace litogenních a antropogenních minerálů v půdách

Ing. Hana Fialová

Dizertace se zabývá použitím magnetické metody pro odlišení litogenních a antropogenních vlivů magnetických vlastností půd. Studium magnetických vlastností povrchových vrstev probíhalo v lokalitách Příbram a Ostrava. Oblasti byly vybrány proto, že v první je magnetická odezva půd způsobena původními vlastnostmi, kdežto ve druhé je zvýšená citlivost způsobena převážně pevným spadem. Práce prokazuje možnost využití metody pro hodnocení kontaminace půd.

• zprávy

Slunečný vršek

Během následujících tří let vyroste v blízkosti hostivašské nádrže a místního lesoparku nadstandardní obytná čtvrť s téměř 1 200 byty, řadou sportovišť, obchodním a společenským centrem a rozsáhlými zelenými plochami. Develope-rem celého projektu je Košík Development, s. r. o., dceřiná společnost investorů IPB Real, člena skupiny Orco Property Group, a akciové společnosti GE Capital Golub.

Celková rozloha Slunečného vršku, jak se nový projekt jmenuje, přesahuje 80 tis. m². Z této plochy budou obytné budovy zaujímat 2 tis. m². Pro sportovní aktivity bude vyhrazena plocha cca 3 tis. m², rozloha občanské vybavenosti dosáhne přibližně 2 800 m² obchodní plochy. Podíl zeleně z celkové plochy bude větší než 50 % i bez započítání fasádní zeleně, která bude charakteristickým rysem architektury celého projektu.

Celý projekt je rozčleněn na tři etapy – v první budou do konce roku 2006 vybudovány čtyři obytné bloky a páteřní komunikace. Ve druhé bude bytová výstavba pokračovat s termínem dokončení v průběhu roku 2007. Zahájena bude výstavba sportovního areálu a občanské vybavenosti. Předpokládaným termínem ukončení celého projektu včetně infrastruktury a parkové úpravy v severní části projektu je rok 2008. Většina obytných bloků bude mít čtyři až šest nadzemních podlaží. Velkou roli v projektu hrají partery domů a jejich bezprostřední okolí, které budou patřit sdružení vlastníků každého objektu. Partery by měly vytvářet zázemí pro obyvatele objektů v podobě dětských hřišť pro nejmenší a odpočinkových zón s drobnými vodními prvky, nízkou zelení a stromy.



Zeleň v projektu snižuje prašnost a výskyt škodlivých mikroorganismů, zvlhčuje ovzduší, v létě dává stín a v neposlední řadě pohlcuje hluk. Výběr rostlin je přizpůsoben stanovišti, požadovanému estetickému efektu a nárokům na údržbu. V průběhu realizace bude kladen důraz na kvalitu provedení, vhodnost zvoleného substrátu i způsob zalévání. V principu byly zvoleny rostliny vyžadující minimální údržbu. Fasády budou osazeny celoročně zelenými rostlinami i rostlinami opadavými. Péči o zeleň budou zajišťovat správci jednotlivých budov.

Projektová dokumentace první a druhé fáze projektu je výsledkem spolupráce ateliéru Hlaváček and Partners s architektonickým ateliérem Héta. Projekt obchodní části Slunečného vršku navrhl ateliér Ian Bryan Architects. Tyto týmy patří mezi dlouhodobé partnery společností IPB Real a ORCO Property Group a stojí za nimi řada úspěšných společných projektů. O koncepci zeleně a zahradních úprav se postaral ateliér Terra Florius. Mezi další partnery patří týmy European Transportation Consultancy a Ateliér Promika, které se podílely na přípravě dopravního řešení, nebo společnost Onegast, jež projektovala infrastrukturu areálu.

Tisková informace

● zprávy

Budeme se na nádraží cítit lépe?

Více než šedesát nádražních budov Českých drah včetně přilehlého okolí by v následujících letech mělo projít komplexní revitalizací. Ta bude zahrnovat nejen omlazení interiéru i exteriéru nádražních budov, ale především přinese zásadní zvýšení kvality odbavovacích a dalších služeb poskytovaných cestujícím na železničních stanicích.



České dráhy připravily projekt Živé nádraží jako komplexní strategii přeměny, jejímž cílem je prostředí stanic oživit, nabídnout lepší služby cestujícím, a především učinit z nádraží živoucí bod v centru města, kde občané nejen cestují, ale také nakupují a tráví volný čas. Revitalizace se proto netýká pouze samotných budov a jejich interiérů, urbanistické řešení v mnoha lokalitách by mělo zahrnout také přednádraží a další přilehlá území. Postupně by mělo přestat platit zavedené klíše, že nádraží do center měst nepatří a že železnice městská centra rozdělují. Projekt má vlastní značku i logotyp, aby tato aktivita směřující k dalšímu zvyšování kvality služeb poskytovaných cestujícím byla jasně rozpoznatelná a jedno-duše komunikovatelná.



Téměř šedesát nádraží, která projdou komplexní revitalizací, vybraly České dráhy takřka ze všech regionů České republiky. Hlavním kritériem pro výběr stanic přitom byla na jedné straně frekvence pohybu cestujících, na straně druhé pak zájem místní samosprávy na realizaci revitalizace. Investiční náklady by měly dosáhnout několik miliard korun s tím, že je s Českými drahami budou sdílet partneři vybraní v rámci výběrových řízení. Ti pak získají objekty v nádražních prostorách do dlouhodobého pronájmu nebo je budou spravovat v rámci společných podniků. Tento postup umožní získat finanční zdroje pro realizaci projektu a přitom neomezuje společnost v dalších investičních aktivitách. Prv-

ní výběrová řízení se budou týkat nádraží ve Františkových Lázních, Havlíčkově Brodě, Praze-Holešovicích, Teplících a Ústí nad Labem.

Rozsah revitalizace bude různý, lišit se bude jak v návaznosti na jednotlivé lokality, tak i podle rozsahu navrženého partnerů. Tam, kde bude revitalizace nádraží součástí širšího urbanistického řešení – se zapojením místní samosprávy, se počítá se začleněním vlakového nádraží do integrovaného přepravního terminálu (např. v Sokolově). Podle harmonogramu by měla proběhnout výběrová řízení na všech vybraných nádražích do konce letošního roku. Rekonstrukční práce by měly začít v roce 2006 s tím, že předání prvních objektů do užívání se předpokládá ještě v průběhu roku a dalších v roce 2007. Budou to zejména lokality, kde je revitalizace stanic provázána s naplánovanými pracemi zaměřenými na rekonstrukci okolí nádraží realizovanými jinými subjekty (např. v Českých Budějovicích, Havlíčkově Brodě nebo Sokolově). Plán dokončení přeměny všech stanic pak bude záviset na zájmu partnerů a navrženém rozsahu prací s tím, že u větších rekonstrukcí se počítá s trváním pět až deset let.



Kromě revitalizace v regionech je již v pokročilejší fázi příprava obnovy ve spolupráci se společností GrandiStazioni ČR (Praha-hlavní nádraží, dále Karlovy Vary a Mariánské Lázně) a s dalšími partnery (Smíchovské nádraží a Masarykovo nádraží). Rekonstrukce bude podle odhadu trvat přibližně dva roky v případě obou lázeňských měst a čtyři roky v případě stanice Praha-hlavní nádraží, kde je trvání stavebních prací podmíněno nutností realizovat práce za plného chodu stanice. České dráhy zvolily formu financování prostřednictvím účasti privátního kapitálu. Vedle úspěšného postupu technických fází projektu je novinkou také vstup Evropské banky pro obnovu a rozvoj (EBRD) do společnosti Grandi Stazioni Česká republika, kde banka koupila kapitálový podíl ve výši 39 %. Přistoupení EBRD k projektu znamená další potvrzení úspěšnosti modelu partnerství ČD a GrandiStazioni na revitalizaci železničních stanic.

Ještě před přípravou strategie Živé nádraží probíhaly rekonstrukční práce v řadě stanic Českých drah, a to buď jako součást výstavby železničních koridorů, nebo jako projekty financované ze Státního fondu dopravní infrastruktury. Rekonstruovaná moderní nádraží v Děčíně, Kladně, Chocni, České Třebové a některých dalších městech již splňují nejnáročnější požadavky na komfort cestování vlakem na začátku 21. století.

Tisková informace

Praha bude mít novou čtvrť

Bývalá průmyslová zóna obdélníkového tvaru mezi ulicemi Freyova, Poděbradská, Kbelská a Kolbenova v pražských Vysočanech se začíná pozvolna měnit v novou moderní městskou čtvrť. Podle Územního plánu hlavního města Prahy se využití „Velkého rozvojového území Vysočany“ o rozloze 250 ha změní z průmyslového na smíšené, obsahující všechny městské funkce včetně bydlení, kultury a rekreace. Průběh a délka revitalizace závisí i na aktivitě mnoha jednotlivých vlastníků.

Zmiňované území má za sebou bohatou minulost. Na přelomu 19. a 20. století se stalo jedním z center průmyslového a technického rozvoje a chloubou českého průmyslu na domácích i zahraničních trzích a zůstalo jím do konce dvacátého století. Nejdůležitějšími a nejznámějšími vysočanskými závody byly Českomoravská továrna na stroje, Kolbenova elektrotechnická továrna a závod firmy Breitfeld-Daněk, později spojené ve světoznámou ČKD, dále Avia Aero, Praga a v neposlední řadě i pekárna Odkolek. Negativním odkazem původního využití je značná kontaminace na řadě míst lokality. Pozitivním přínosem jsou některé původní stavby, které vynikají technickou, architektonickou i historickou hodnotou.

Roztříštěnost vlastnické struktury je jedním z odkazů nedávné minulosti a problémem v podobných územích. „Velké rozvojové území Vysočany“ má však tu výhodu, že je rozděleno jen mezi několik významných vlastníků, kteří spolu komunikují a snaží se sjednotit své investiční záměry. Některé z podnikatelských subjektů zatím stále naplňují svůj původní podnikatelský záměr, např. ČKD PRAHA DIZ, a. s., který nabízí a zajišťuje dodávky investičních celků a technologických provozních celků pro plynárenství, dopravní systémy a spalovny. Další významní vlastníci své nemovitosti buď spravují a pronajímají, nebo pro ně hledají kupce. Nového majitele již získal i areál firmy Praga. Mezi další patří KOLBENKA, a. s., ABLON, s. r. o., TESLA, a. s.

Všichni významní vlastníci pozemků v lokalitě mají shodný záměr – vybudování nové pražské čtvrti, ne každý z nich však má zkušenosti s developmentem. Proto budou různé části území řešeny v rozdílném čase. K aktivním developerům patří společnost CODECO, a. s., jejíž tým má s rozvojem podobně velkých územních celků dlouholeté zkušenosti. V lednu vyzvala několik předních českých architektonických ateliérů, jejichž dosavadní práce jsou příslibem mimořádné invence, ke zpracování kvalifikovaných názorů na možnosti a formy budoucího využití území s důrazem na podrobnější rozpracování. Tím navázala na činnost radnice Prahy 9, která vznik takového konceptu cílevědomě podporuje. Velký důraz byl kladen na zachování historické stopy jako genia loci území. Dalším námětem bylo vytvoření nové výškové dominanty, která by plnila funkci orientačního bodu a stala se charakteristickým znakem území. Navázala by tak na novodobou tradici pražských věží – v 19. století byla postavena Petřínská rozhledna, ve 20. století televizní vysílač na Žižkově a v 21. století dominanta Nových Vysočan.

Cílem společnosti CODECO je vytvořit moderní, plnohodnotnou a svěbytnou městskou část Nové Vysočany, zahrnující bohatou paletu městotvorných funkcí. V souladu s urbanistickou studií a Územním plánem hlavního města Prahy zde vzniknou administrativní plochy, byty, restaurace, kavárny, obchody a provozovny služeb potřebných pro nové i současné obyvatelé čtvrti. Přeměna celého rozvojového území o rozloze 250 ha v novou městskou čtvrť však bude trvat několik desítek let.

Zahájení dílčích oprav dvou budov v těsné blízkosti stanice metra, přímo v uliční frontě, se stalo pomyslným odra-

zovým můstkem pro další revitalizační aktivity v území i pro ostatní investory. Do jedné z budov – konstruktivistické vily od architekta prof. Libry – se tým developerské společnosti přestěhuje ještě letos. Dalším z kroků bude oživení zeleného pásu kolem říčky Rokytka, která protéká napříč celým územím v délce přibližně 4,5 km. Toto krásné místo se v průběhu několika dalších let změní v moderní multifunkční park. I zde se klade velký důraz na zachování původního rázu krajiny a napojení parku na jeho okolí, aby byl plně propustný ve všech směrech v návaznosti na okolní zástavbu. V novém Parku Rokytka bude prostor pro běžné odpočinkové aktivity, od robinzonských hřišť pro nejmenší, přes joggingovou, bruslařskou a cyklistickou dráhu, po petangová hřiště, lavičky k posezení a loučky pro piknik. V dalším časovém horizontu se plánuje i výstavba bytových domů v těsné blízkosti hranice parku.

Cílem celého projektu je vytvoření modelu nové obchodní ulice, která povede středem Nových Vysočan a ve svém přízemním parteru bude schopna nabídnout obchodní plochy středně velkého formátu. V první fázi půjde o obnovení funkce kancelářských prostor, které budou nabídnuty „mladým“ kreativním oborům postupně sílícím početně i ekonomicky, jež budou své prostředí spoluvytvářet a modifikovat, např. reklamními agenturám, architektonickým a designérským ateliérům, konstrukčním kancelářím, obchodům se spotřební elektronikou nebo módním zbožím. K tomu vytvořit prostor pro restauraci, kavárnu a podobná občerstvovací zařízení. Nepominutelnou výhodou území je vynikající napojení na dopravní síť – stanice metra B, ulice Kolbenova a Poděbradská přímo navazují na pražský automobilový okruh, za zmínku určitě stojí i nedaleké sportovní letiště.



„... Na takto velkém území může vzniknout městská čtvrť s mnoha tisíci obyvateli. V celém konceptu je třeba se zaměřit na rozložení obytných a pracovních míst, aby Nové Vysočany žily celý den. Nejen ráno a večer, jak je tomu v případě ryze obytných komplexů, a nebo jen přes den, jak je tomu v případě kancelářských center. Chceme tyto dvě stránky skloubit dohromady a vytvořit čtvrť Nové Vysočany, ve které se život nezastaví. Vedle ploch pro administrativu, obchody, restaurace a bydlení, zde vzniknou i plochy pro další městotvorné funkce, jako je zdravotnické zařízení, škola, školka, hřiště ... Tyto funkce budeme na uvolňovaných plochách postupně přidávat, aby nenásilně organicky vznikl funkční celek moderní městské čtvrti. Naším trvalým cílem je vytvářet v Nových Vysočanech předpoklady pro postupný vznik urbanistického celku“ řekl JUDr. Jakub Sklenka, předseda představenstva developerské společnosti.

●technologie

Stavba komplexu Palladium

Generální dodavatel stavby, společnost STRABAG, a. s., využije v průběhu výstavby ojedinělý stavební postup, který významně omezí dopady výstavby na nejbližší okolí. Hrubá stavba a její založení bude prováděna metodou „top-down“, tj. současně „nahoru-dolů“. Nejprve bude při použití ekologicky šetrné technologie, pomocí hydrofrézy, zajištěna milánská stěna. Poté bude, ještě na nevykopené stavební jámě, vybetonován rozpěrný strop v úrovni třetího podzemního podlaží. Tato konstrukce umožní paralelní stavební činnost jak směrem dolů pod deskou (zemní práce), tak nad ní (železobetonové konstrukce). Při odvozu vytěženého materiálu vyvine generální dodavatel maximální úsilí a ohleduplnost, aby bylo okolí stavby obtěžováno co nejméně. Díky technologii „nahoru-dolů“ se jednak zkrátí doba realizace stavby a jednak se podstatně omezí hluchost a prašnost. Po celou dobu výstavby bude zachován vjezd do OD Kotva i příjezd ke všem přilehlým stavbám. Pro chodce bude zajištěn bezpečný přístup ke všem okolním objektům. Stavba bude koordinována s ostatní stavební činností v okolí – například přeložka tramvaje na náměstí Republiky bude provedena v době rekonstrukce Štefánikova mostu tak, aby výluka tramvají byla co nejkratší. Úprava povrchů náměstí Republiky bude dokončena na podzim roku 2006.



O průběhu stavby se může veřejnost více dozvědět v infocentru v budově Základní umělecké školy na rohu náměstí Republiky a ulice Na Poříčí.

www.palladiumpraha.cz

●dizertace

Projekt destrukčního odstřelu panelového bytového domu

Ing. Tomáš Pokorný

Dizertace řeší demolici panelového domu T08B metodou řízeného vertikálního kolapsu s omezením náloží na minimum. Je vytvořen dvouúrovňový matematický model vycházející z nelineárního vztahu mezi momentem a křivostí ohýbaného betonového prvku s využitím software ATENA. Makroskopické výpočty byly numericky zpracovány programem ADINA.

●zprávy

Rekonstrukce kostela sv. Josefa ve Fulneku

Obyvatelé i návštěvníci města Fulnek se budou moci těšit z prohlídky rekonstruovaného kostela sv. Josefa v objektu Kapucínského kláštera, který byl dlouhá léta nevhodně využíván a chátral. Obnovu této významné památky ve stylu „skromného“ baroka, charakteristického pro Kapucínský řád, uskuteční Divize pozemní stavitelství Morava společnosti Skanska CZ v letech 2005 až 2008. Investorem rekonstrukce je Moravskoslezský kraj.



Kapucínský klášter a kostel sv. Josefa, který v loňském roce oslavil 330. výročí od svého založení, je významnou památkou řádového stavitelství na Moravě a jedinou stavbou svého druhu na severovýchodě České republiky. Areál kláštera se rozkládá za Husím potokem, mimo obvod středověkého města Fulnek. Jako významná dominanta vytváří protiklad zámeckému komplexu na protějším vrchu. Po nuceném opuštění areálu kláštera řádovými bratry byly objekty nevhodně využívány nebo zcela bez využití a chátraly. Přes snahu o záchranu patří v současné době k nejohroženějším památkám na Moravě. V roce 2001 byly zařazeny do seznamu nejohroženějších a nevyužívaných památek České republiky. Moravskoslezský kraj, který prostřednictvím Muzea Novojičínska památku spravuje, se tyto historicky cenné objekty rozhodl zachránit a vyhlásil výběrové řízení na provedení příslušných prací. V budoucnu je plánována také záchrana samotného kláštera, přičemž celkové náklady dosáhnou bezmála 87 mil. Kč.

Nynější fáze projektu zahrnuje obnovu původního zdiva, sanaci krovů a zajištění proti dřevomorce, dostavbu střechy nad novým vstupem do objektu z boku, obnovu interiéru kostela a veškeré přípojky inženýrských sítí. Úpravám se nevyhne ani rajská zahrada, kostelní krypta, historická dlažba a pečlivé restaurátorské práce bude podrobena i původní výmalba objektu.

Tisková informace



Ekologické využití vedlejších energetických produktů v konstrukci pražcového podlaží

Ing. Martin Ludmila

Autor zkoumá využití popílku z elektrárny Chvaletice pro vytvoření stabilizační vrstvy konstrukce pražcového podlaží. Laboratorní zkoušky hodnotily zhutnitelnost, pevnost v tlaku, odolnost proti mrazu a vodě, propustnost a součinitel tepelné vodivosti popílku. Experimentálně bylo prověřeno i chování vrstvy popílku.

STAVEBNÍ OBZOR

RO NÍK 14 ÍSLO 09/2005

Navigace v dokumentu

OBSAH

Frýba, L. Zmenšení dynamických ú ink na p edpjat ých mostech	257
Makovi ka, D. – Makovi ka, D. jr. Zatížení stavebních konstrukcí vibracemi od povrchové a podpovrchové dopravy	261
Sokolá , R. – Smetanová, L. Za sucha lisované obkladové prvky z druhotných surovin	270
Šimková, S. – Priganc, S. – Fecko, L. Napätos vystuženého betonového prvku pri zvýšených teplotách	274
Pospíšil, J. – Štroner, M. Moderní geodetické technologie a p ístroje pro m ení délek a úhl	279

9 • 2005

ročník 14

STAVEBNÍ OBZOR

pozemní stavby
dopravní stavby
vodohospodářské stavby
geotechnika
konstrukce a materiály
technologie
životní prostředí
geodézie a kartografie
mechanizace
informatika
ekonomika
software



Fakulta stavební
ČVUT v Praze



Česká komora autorizovaných
inženýrů a techniků



Český svaz
stavebních inženýrů



Fakulta stavební
VUT v Brně



Fakulta stavební
VŠB TU-Ostrava

Fryba, L. Zmenšení dynamických účinků na předpjatých mostech 257	Fryba, L. Diminishing Dynamic Effects on Prestressed Bridges 257	Fryba, L. Reduzierung der dynamischen Einflüsse auf vorgespannten Brücken 257
Makovička, D. – Makovička, D. jr. Zatížení stavebních konstrukcí vibracemi od povrchové a podpovrchové dopravy 261	Makovička, D. – Makovička, D. jr.: Loading of Building Structures by Vibrations from Surface and Subsurface Transport 261	Makovička, D. – Makovička, D. jr. Belastung von Bauwerken durch Vibrationen aus dem ober- und unterirdischen Verkehr 261
Sokolář, R. – Smetanová, L. Za sucha lisované obkladové prvky z druhotných surovin ... 270	Sokolář, R. – Smetanová, L. Dry Pressed Ceramic Tiles from Waste Raw Materials 270	Sokolář, R. – Smetanová, L. Trocken gepresste Bekleidungselemente aus Sekundärrohstoffen 270
Šimková, S. – Priganc, S. – Fecko, L. Napětost' vystuženého betonového prvku pri zvýšených teplotách 274	Šimková, S. – Priganc, S. – Fecko, L. State of Stress and Strain of a Reinforced Concrete Element at Raised Temperatures 274	Šimková, S. – Priganc, S. – Fecko, L. Der Spannungszustand eines bewehrten Betonelements bei erhöhten Temperaturen 274
Pospíšil, J. – Štroner, M. Moderní geodetické technologie a přístroje pro měření délek a úhlů 279	Pospíšil, J. – Štroner, M. Modern Geodetical Technologies and Devices for Measuring Lengths and Angles 279	Pospíšil, J. – Štroner, M. Moderne geodätische Technologien und Geräte zur Längen- und Winkelmessung 279

REDAKČNÍ RADA**Předseda:**

prof. Ing. Jiří STUDNIČKA, DrSc.

Místopředseda:

doc. Ing. Alois MATERNA, CSc.

Členové:

Ing. Miroslav BAJER, CSc.

doc. Ing. Pavel HÁNEK, CSc.

Ing. Jiří HIRŠ, CSc.

doc. Ing. Vladimír JELÍNEK, CSc.

Ing. Jana KORYTÁROVÁ, Ph.D.

Ing. Karel KUBEČKA

doc. Ing. Ladislav LAMBOJ, CSc.

doc. Ing. Ivan MOUDRÝ, CSc.

doc. Ing. Jaroslav NOVÁK, CSc.

doc. Ing. Luděk NOVÁK, CSc.

doc. Ing. Miloslav PAVLÍK, CSc.

prof. Ing. J. PROCHÁZKA, CSc.

Ing. Vlastimil ROJÍK

Ing. Karel SVOBODA

doc. Dr. Ing. Miloslav ŠLEZINGR

Ing. Ludvík VÉBR, CSc.

doc. Ing. Josef VITÁSEK, CSc.

prof. Ing. Jiří WITZANY, DrSc.

Ing. Renata ZDAŘILOVÁ

STAVEBNÍ OBZOR, odborný měsíčník, vydává Fakulta stavební ČVUT Praha společně s Fakultou stavební VUT Brno, Fakultou stavební VŠB TU Ostrava, Českou komorou autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě a Českým svazem stavebních inženýrů. Řídí redakční rada, vedoucí redaktorka Marcela Klímová. Adresa redakce: Thákurova 7, 166 29 Praha 6, tel./fax: 224 354 596, klimova@fsv.cvut.cz, http://web.fsv.cvut.cz/obzor. Vychází každý měsíc kromě července a srpna, cena za výtisk je 40 Kč včetně DPH (+ poštovné a balné). Objednávky odběru i reklamace přijímá Ing. Milan Gattringer, MG DTP, Borovanská 3388, 143 00 Praha 4, tel./fax: 241 770 220, e-mail: mgdtp@volny.cz. Odběr je možné zrušit až po vyčerpání zaplaceného předplatného. Inzerce adresujte redakci. Technická redakce a realizace: Ing. Milan Gattringer. Podávání novinových zásilek povoleno Ředitelstvím pošt Praha, č. j. NP 144/1994, ze dne 21. 10. 1994. Do sazby 7. 10. 2005. Nevyžádané rukopisy se nevracejí.

INDEX 47 755, ISSN 1210-4027

Zmenšení dynamických účinků na předpjatých mostech

prof. Ing. Ladislav FRÝBA, DrSc., dr. h. c.
AV ČR – Ústav teoretické a aplikované mechaniky
Praha

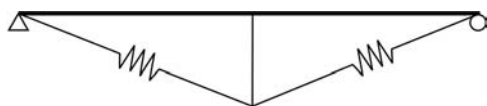
V článku se rozebírají různé možnosti, jak zmenšit dynamické účinky na mostech. Popisují se způsoby používané v cizině, a poté se navrhuje spráhnout mostní nosník s předpínací výztuží pružnou vrstvou. Ta za určitých podmínek utlumí dynamické účinky od pohybujícího se zatížení. Je to případ předpjatých mostů, které se nejvíce užívají pro konstrukce malých a středních rozpětí, kde by se pružná vrstva dala zabudovat mezi nosník a předpínací lana. To by bylo zvláště výhodné při rekonstrukcích a zesilování nevyhovujících mostů.

Úvod

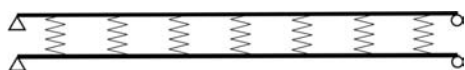
Stavební inženýři se odedávna snažili zmenšit dynamické účinky na mostech od pohybujících se vozidel, seizmických otřesů, větru, výbuchů, nerovností a jiných příčin. V seizmicky citlivých oblastech, např. ve východní Asii, se navrhuje pružné uložení mostů, jak je patrné z obr. 1. Vzpěradlo s pružnými táhly včetně samočinně řízeného útlumu podle obr. 2 se hodí pro velmi krátká rozpětí. V minulosti se tento systém používal ovšem bez automatizace útlumu. Rovněž o zvláštních dynamických tlumičích (pohlcovačích) kmitání se uvažuje na zavěšených mostech větších rozpětí [3].



Obr. 1. Pružné uložení mostů [1]



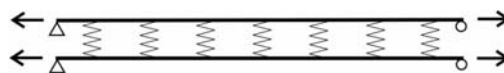
Obr. 2. Vzpěradlo s táhly a řízeným útlumem [2]



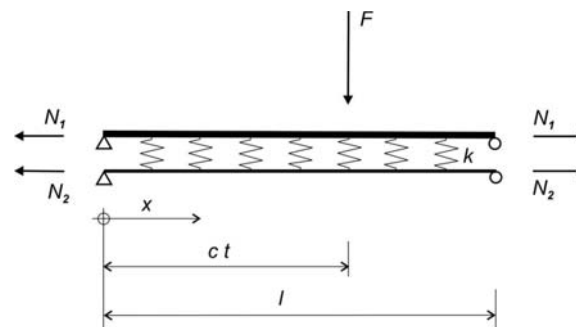
Obr. 3. Systém se dvěma nosníky a pružnou mezivrstvou [4], [5]

V poslední době byly vyvinuty dvojité systémy, tzn. dva nosné prvky spojené pružnou vrstvou. V první řadě je to dvojitý nosník podle obr. 3. Tento systém by se hodil pro malá a střední rozpětí, ale je nákladný zvláště pro větší roz-

pětí. Systém se dvěma soustavami předpínacích lan a pružnou mezivrstvou podle obr. 4 je velmi měkký. Vznikla proto myšlenka na vylepšení obou předchozích systémů, tj. spojit předpjatý nosník a předpínací lana zvláštní tlumicí pružnou vrstvou, jak naznačuje schéma na obr. 5. Předpjaté mosty jsou totiž nejužívanějšími typy na mostech malých a středních rozpětí, a to jak na silnicích, tak i na železnicích. Kromě toho se dá navrhovaný systém vhodně využít při rekonstrukcích a zesilování nevyhovujících mostů, zvláště komorových.



Obr. 4. Systém se dvěma soustavami předpjatých lan a pružnou mezivrstvou [6]



Obr. 5. Teoretický model nosníku, předpínací struny a pružné mezivrstvy, který je zatížen pohybující se silou F [7], [8]

Teoretický model předpjatého nosníku s pružnou mezivrstvou

V dynamice mostů je nejjednodušší a nejužívanější teoretický model Bernoulliho-Eulerova nosníku, zatíženého pohybující se silou [9]. Výše navrhovaná myšlenka proto byla idealizována podle obr. 5, kde se síla F pohybuje konstantní rychlostí c zleva doprava po prostě uloženém nosníku o rozpětí l . Nosník je namáhán osovou silou N_1 (obecně tahem). Struna o též rozpětí l je tažena silou N_2 (v praxi ovšem $N_1 = -N_2$) a je rovněž prostě podepřena. Mezi oběma nosnými prvky je pružná vrstva Winklerova typu s charakteristikou k [N/mm²].

Soustava parciálních diferenciálních rovnic popisuje chování nosníku a struny:

$$EI \frac{\partial^4 v_1(x,t)}{\partial x^4} - N_1 \frac{\partial^2 v_1(x,t)}{\partial x^2} + \mu_1 \frac{\partial^2 v_1(x,t)}{\partial t^2} + k[v_1(x,t) - v_2(x,t)] = \varepsilon(t)\delta(x-ct)F, \quad (1)$$

$$-N_2 \frac{\partial^2 v_2(x,t)}{\partial x^2} + \mu_2 \frac{\partial^2 v_2(x,t)}{\partial t^2} + k[v_2(x,t) - v_1(x,t)] = 0. \quad (2)$$

Zde je označeno:

- $v_1(x, t), v_2(x, t)$ – svislý průhyb nosníku, popř. struny v místě x a čase t ,
 E, I – modul pružnosti a moment setrvačnosti nosníku,
 μ_1, μ_2 – hmota nosníku, popř. struny na jednotku délky,
 $\delta(x)$ – Diracova funkce delta vystihující působení osamělé síly,

$$\varepsilon(t) = h(t) - h(t - l/c); \quad (3)$$

- funkce, která popisuje, zda se síla nachází na nosníku nebo ho již opustila,

$$h(t) = 0 \text{ pro } t < 0 \text{ nebo } h(t) = 1 \text{ pro } t \geq 0; \quad (4)$$

- Heavisidova jednotková funkce.

Okrajové a počáteční podmínky soustavy (1) a (2):

$$v_1(0, t) = v_1'(0, t) = v_1(l, t) = v_1'(l, t) = v_2(0, t) = v_2(l, t) = 0, \quad (5)$$

$$v_i(x, 0) = \dot{v}_i(x, 0) = 0; \quad i = 1, 2, \quad (6)$$

kde čárky a tečky představují derivace podle x , popř. podle t .

Ve spřažené soustavě nosník a struna (1), (2) se vyskytuje mnoho vlastních frekvencí, jež charakterizují dynamické chování jednotlivých prvků a jejich spřažení. Tak vlastní kruhová frekvence prostého nosníku (bez struny a bez osové síly)

$$\omega_j^2 = \frac{j^4 \pi^4 EI}{l^4 \mu_1}; \quad j = 1, 2, 3, \dots; \quad f_j = \frac{\omega_j}{2\pi}, \quad (7)$$

s osovou silou (N_1 je tahem), ale bez struny

$$\omega_j^2 = \frac{j^4 \pi^4 EI}{l^4 \mu_1} + \frac{j^2 \pi^2 N_1}{l^2 \mu_1}, \quad (8)$$

zatímco vlastní kruhová frekvence struny s osovou silou N_2 je

$$\omega_{2j}^2 = \frac{j^2 \pi^2 N_2}{l^2 \mu_2}. \quad (9)$$

Dále zde vystupují frekvence pružné vrstvy

$$\omega_{1k}^2 = k / \mu_1, \quad \omega_{2k}^2 = k / \mu_2, \quad (10)$$

$$\omega_{1jk}^2 = \omega_{1j}^2 + \omega_{1k}^2; \quad \omega_{2jk}^2 = \omega_{2j}^2 + \omega_{2k}^2$$

a frekvence vynucená pohybující se silou

$$\omega = \frac{\pi c}{l}, \quad (11)$$

takže kruhová vlastní frekvence spřažené soustavy nosník a struna [8], [9] je konečné

$$\Omega_{1,2}^2 = \frac{1}{2} (\omega_{1jk}^2 + \omega_{2jk}^2) \mp \left[\frac{1}{4} (\omega_{1jk}^2 + \omega_{2jk}^2)^2 + \omega_{1k}^2 \omega_{2k}^2 \right]^{1/2}. \quad (12)$$

Spřažená soustava parciálních diferenciálních rovnic (1) a (2) spolu s podmínkami (5) a (6) se řešila metodou integrálních transformací [10] a výsledky byly uveřejněny v [8].

Řešení závisí na pěti bezrozměrných parametrech:

$$\alpha = \frac{c}{2f_1 l}, \quad (13)$$

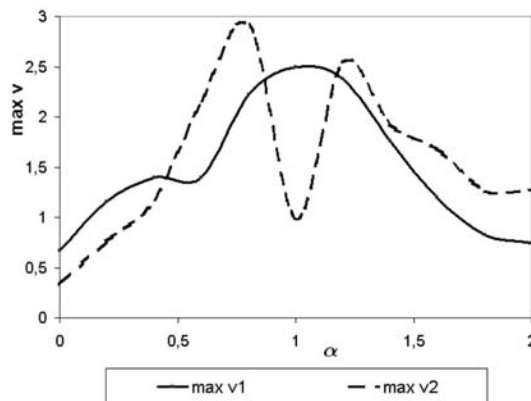
$$A_1^2 = \Omega_1^2 / \omega_1^2; \quad A_2^2 = \Omega_2^2 / \omega_1^2, \quad (14)$$

$$B_1^2 = \omega_{2jk}^2 / \omega_1^2; \quad B_2^2 = \omega_{2k}^2 / \omega_1^2, \quad (15)$$

z nichž první, α , je bezrozměrný parametr rychlosti, a další A_1 až B_2 jsou poměry různých frekvencí k první vlastní frekvenci samotného nosníku ω_1 . Celkem 2 816 případů různých parametrů (13) až (15) se zkoumalo na počítači.

Vliv jednotlivých parametrů

V době zvyšujících se rychlostí dopravy je nejdůležitější bezrozměrný parametr rychlosti α (13). Jeho vliv je znázorněn na obr. 6, který byl počítán pro parametry $A_1^2 = 1$; $A_2^2 = 1$; $B_1^2 = 0,8$; $B_2^2 = 0,4$. Z něj i z dalších podobných grafů je zřejmé, že dynamické účinky vzrůstají s rostoucí rychlostí. Jsou zde ovšem lokální vrcholy, které závisí na dynamické soustavě nosník, struna a síla.



Obr. 6. Maximální průhyby nosníku $v_1(l/2, t)/v_0$ (plná čára) a struny $v_2(l/2, t)/v_0$ (čárkovaná) jako funkce bezrozměrné rychlosti α (13)

Kvazistatický případ, kdy $\alpha \rightarrow 0$, byl rovněž řešen v [8]:

$$v_1(x) = \frac{B_1^2}{A_1^2 A_2^2} \sin \frac{j\pi x}{l}, \quad (16)$$

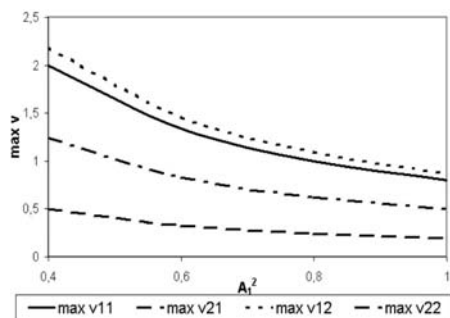
$$v_2(x) = \frac{B_2^2}{A_1^2 A_2^2} \sin \frac{j\pi x}{l}. \quad (17)$$

Parametr α má u mostů malou absolutní hodnotu, $\alpha < 0,2$ u silničních mostů, zatímco u železničních až $\alpha < 0,5$. Proto se zdá být oprávněno se zabývat i limitním případem $\alpha \rightarrow 0$, kdy se síla pohybuje po mostě kvazistaticky.

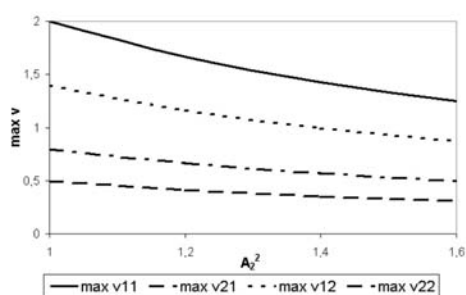
Ukazuje se totiž, že grafy pro $v_1(l/2, t)$ a $v_2(l/2, t)$ počínají s malými hodnotami a s rostoucí rychlostí vzrůstají. Zhruba lze říci, že pro $\alpha < 0,2$ často bývá $v_1/v_0 < 1$, kde $v_0 = FP / (48 EI) \approx 2F / (\mu_1 l \omega_1^2)$ je statický průhyb mostu od síly F umístěné v $x = l/2$ (poměr v_1/v_0 je obdobou dynamického součinitele). Účelem je proto zjistit takový okruh parametrů, pro které může být $v_1/v_0 < 1$.

Vlivy dalších parametrů na maximální hodnoty $v_1(l/2, t)/v_0$ a $v_2(l/2, t)/v_0$ jsou znázorněny na obr. 7 až obr. 10, přičemž první index patří nosníku, popř. struně, zatímco druhý různým případům vstupních parametrů podle [7]. Zhruba lze ří-

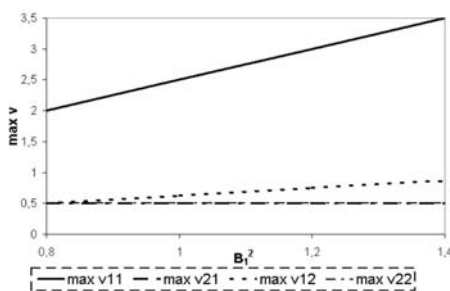
ci, že se stoupající hodnotou A_1 (obr. 7) dynamické účinky na nosník klesají. Totéž se ukazuje i na obr. 8 (A_2), ale nikoliv na obr. 9 (B_1), zatímco parametr B_2 má na odezvu nosníku celkem malý vliv (obr. 10).



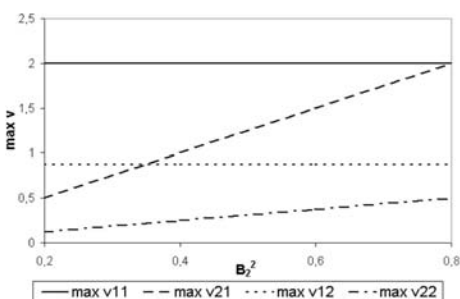
Obr. 7. Hodnoty v_1/v_0 jako funkce parametru A_1^2 pro $\alpha = 0$



Obr. 8. Hodnoty v_1/v_0 jako funkce parametru A_2^2 pro $\alpha = 0$



Obr. 9. Hodnoty v_1/v_0 jako funkce parametru B_1^2 pro $\alpha = 0$



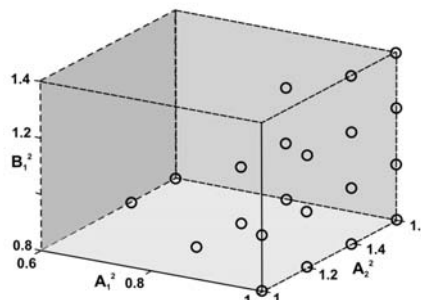
Obr. 10. Hodnoty v_1/v_0 jako funkce parametru B_2^2 pro $\alpha = 0$

Je velmi obtížné ze všech možných kombinací parametrů vybrat ty, pro které je dynamická odezva nosníku na pohyb síly malá. Pokusem o to je obr. 11, který ukazuje třírozměrný prostor parametrů A_1, A_2 a B_1 , kde vyšly hodnoty $v_1(l/2, t)/v_0 < 1$. Bylo to počítáno pro $\alpha = 0$ a $B_2 = 0,4$ z důvodů, které již byly popsány. S ohledem na rovnice (16) a (17) lze sou-

dit, že hodnoty v_1/v_0 a v_2/v_0 budou malé, jestliže

$$B_1^2 < A_1^2 A_2^2 \quad (\text{pro } v_1), \quad (18)$$

$$B_2^2 < A_1^2 A_2^2 \quad (\text{pro } v_2). \quad (19)$$



Obr. 11. Prostor proměnných A_1, A_2 a B_1 , ve kterém lze očekávat malou dynamickou odezvu nosníku na účinky síly pohybující se malou rychlostí

Závěry

Dynamické účinky na mostech všeobecně stoupají se vzrůstající rychlostí dopravy. Tato závislost má samozřejmě několik vrcholů, které jsou způsobeny komplexní dynamickou soustavou mostu a vozidel, jejich rychlostí, nerovnostmi jízdní dráhy a mnoha dalšími okolnostmi.

V článku je navržena pružná vrstva mezi nosníky a předpínací lana, která za určité kombinace vstupních parametrů může omezit dynamické účinky vozidel nebo zmenšit vytváření nerovností na vozovce. Průzkum vlivu jednotlivých parametrů byl hlavním účelem. Pružná vrstva by se dala snadno zabudovat do komorových nosníků, které jsou u nás běžné. Tento způsob by byl zvláště výhodný u nevyhovujících mostů, které by se daly tímto způsobem zesílit a uzpůsobit dnešnímu provozu.

Pro realizaci této myšlenky čeká ještě mnoho práce: další teoretické výpočty, zkoušky na laboratorním modelu, a hlavně vývoj a konstrukce vhodné pružné mezivrstvy. To by mělo být úkolem konstruktérů, technologů a dalších vývojových pracovníků.

Článek vznikl za podpory projektů MOSTDYN 1F45D/013, č. 200710505 GA AV ČR, č. 103/05/2066 GA ČR a výzkumného záměru č. OZ 07207/10524 ÚTAM AV.

Literatura

- [1] Yang, Y. B. – Yau, J. D. – Wu, Y. S.: Vehicle-Bridge Interaction Dynamics – with Applications to High-Speed Railways. New Jersey, World Scientific 2004.
- [2] Reckmann, H.: Aktive Schwingungsreduktion an einem elastischen Fahrweg unter bewegter Masse. Fortschritte-Berichte VDI, Reihe 11, Nr. 309, VDI Verlag 2002.
- [3] Makovička, D. – Makovička, D. jr. – Korbelař, J.: Dynamický tlumič na lávce pro chodce. Stavební obzor, 12, 2003, č. 5, s. 149–155.
- [4] Kawazoe, K. – Kono, I. – Aida, T. – Aso, T. – Eibisuda, K.: Beam-Type Dynamic Vibration Absorber Comprised of Free-Free Beam. Journal of Engineering Mechanics, 1998, pp. 476–479.
- [5] Yau, J. D. – Frýba, L. – Yoshikawa, N.: Vibration Reduction of Simple Beams with Absorbing Beams to Moving Loads. Proceedings JCOSSAR 2003, Tokyo, 2003, Vol. 5, pp. 791–796.

- [6] Oniszczuk, Z.: Transverse Vibration of Elastically Connected Double-String System, Parts I, II. *Journal of Sound and Vibration*, 232, 2000, Vol. 2, pp. 355–386.
- [7] Frýba, L. – Fischer, C.: Dynamics of Prestressed Beams Coupled with a String. In: C. A. Brebbia, G. M. Carlomagno (eds): *Computational Methods and Experimental Measurements XII*. Southampton, Boston, WIT Press 2005, pp. 445–454.
- [8] Frýba, L. – Fischer, C.: Vibration of a Coupled System Beam and String under a Moving Force. In: C. Soize, G.I. Schueller (eds): *Proceedings EURO-DYN 2005*, Paris (v tisku).
- [9] Frýba, L.: *Dynamika železničních mostů*. Praha, Academia 1992.
- [10] Frýba, L.: *Kmitání těles a konstrukcí způsobené pohybujícím se zatížením*. 2. vyd., Praha, Academia 1989.

Frýba, L.: Reduktion der dynamischen Einflüsse auf vorgespannten Brücken

Die Möglichkeiten zur Reduktion der dynamischen Einflüsse auf Brücken sind analysiert. Verschiedene benutzten Verfahren sind beschrieben and dann die Mitwirkung des Brückenbalkens mit den vorgespannten Seilen mittels eine elastische Schicht ist vorgeschlagen. Die Schicht kann unter bestimmten Bedingungen die dynamischen Einflüsse von den sich bewegenden Lasten dämpfen. Es stellt den Fall der vorgespannten Brücken vor, die zu kurzen und mittleren Spannweiten am meisten benützt werden. Hier kann man eine elastische Schicht leicht zwischen Balken und vorgespanntes Seil einbauen. Es wäre besonders für Rekonstruktion and Verstärken der alten Brücken vorteilhaft.

Frýba, L.: Reduzierung der dynamischen Einflüsse auf vorgespannten Brücken

Im Artikel werden verschiedene Möglichkeiten zur Reduzierung der dynamischen Einflüsse auf Brücken analysiert. Es werden verschiedene im Ausland angewandte Verfahren beschrieben und dann die Verbundwirkung des Brückenbalkens mit der Spannbewehrung mittels einer elastischen Schicht vorgeschlagen. Diese Schicht kann unter bestimmten Bedingungen die dynamischen Einflüsse von den sich bewegenden Lasten dämpfen. Dies ist der Fall bei vorgespannten Brücken, die am meisten für Konstruktionen kurzer und mittlerer Spannweiten benützt werden. Hier kann man eine elastische Schicht leicht zwischen den Träger und die Spannseile einbauen. Das wäre besonders für Rekonstruktionen und Verstärkungen nicht mehr genügend tragfähiger Brücken vorteilhaft.

● zprávy

Výzkumný ústav vodohospodářský získal nové prostory



Koncem června byla slavnostně otevřena nová budova Výzkumného ústavu vodohospodářského T. G. Masaryka v Praze-Podbabě. Činnost ústavu, který byl založen jako jeden z prvních vědeckých ústavů Československé republiky, zaměřená na výzkum v oblasti hospodaření a nakládání s vodou, byla koncem devadesátých let minulého století rozšířena na oblast nakládání s odpady. Pro tuto činnost však bylo třeba vybudovat nezbytné zázemí. Navíc bylo hlavní pracoviště ústavu v Podbabě postiženo v roce 2002 katastrofálními povodněmi a jeho budovy zaplaveny vodou až do výše 5,5 m.



Architektonické řešení nové budovy D respektuje návrhy původních budov ústavu ze třicátých let minulého století. Projektant Ing. Radek Maleček z Ateliéru WIK navrhl pětipodlažní objekt s 52 laboratořemi a 50 pracovnyami s celkovou užitnou plochou 2 056 m². Budova byla navržena a postavena tak, aby splňovala kritéria budoucího akreditovaného výzkumného střediska a referenčních laboratoří. Projektant si musel poradit i s hrozbou možné další povodně. Právě proto byla na úroveň přízemí umístěna dvě parkoviště, první pracovní místnosti se nacházejí až v prvním podlaží. Dodavatelem byl GEOSAN GROUP, a. s., závod Praha.

Stavba byla financována hlavně ze zdrojů Ministerstva životního prostředí ČR. Vybudování pracoven a laboratoří od prvního poschodí výše umožnil věcný sponzorský dar a. s. Českomoravský cement. Technologicky byla budova vybavena zejména z fondu PHARE. Je vybavena systémem generálního klíče a elektronickým zabezpečovacím systémem, klimatizace je centrální a počítačově řízená. Stejně tak řídí počítač venkovní žaluzie na elektrický pohon.

Tisková informace



AV'05

KONFERENCE ASFALTOVÉ VOZOVKY
ČESKÉ BUDĚJOVICE 29. – 30. 11. 2005

Zatížení stavebních konstrukcí vibracemi od povrchové a podpovrchové dopravy

doc. Ing. Daniel MAKOVÍČKA, DrSc.

*ČVUT – Kloknerův ústav
Praha*

Ing. Daniel MAKOVÍČKA

*Statika a dynamika konstrukcí
Kutná Hora*

Vibrace, které vznikají při průjezdu vozidel po vozovkách silničních nebo městských komunikací stejně jako vibrace vznikající při jízdě vlaků povrchové nebo podpovrchové dopravy, ovlivňují kmitání stavebních konstrukcí v jejich blízkosti. Při průjezdu vozidel se projevují akustickými projevy, v nepříznivějším případě zakmitáním podlah, které může nepříznivě ovlivnit komfort uživatelů objektu. Mohou rovněž ohrozit citlivá zařízení v objektu, např. laboratorní přístroje, promítací kamery kinosálů, nebo snížit jejich spolehlivost. Článek je věnován odhadu úrovně těchto vibrací a jejich porovnání v různých lokalitách a od různých zdrojů.

Úvod

Zdrojem vibrací, které se šíří podloží do základů budov, jsou dynamické účinky pohybu vozidel po pozemních nebo podzemních komunikacích. Obvykle se tyto dynamické účinky označují jako technická seizmicita od povrchové nebo podpovrchové dopravy. V řadě případů může být přenos vibrací od dopravy do konstrukce budov usnadněn bezprostředním kontaktem konstrukce vozovky nebo tunelové roury se základy budovy a navazujícími zdi objektu. Kontakt zdroje s ohroženou konstrukcí může rovněž zprostředkovat vysoká hladina spodní vody, promrzlé vrstvy terénu v zimním období, propojení základů ohrožené konstrukce i tunelové konstrukce se skalním podkladem, nepoužívané starší základy nebo jiné stavby v podloží, potrubní soustavy v podloží, popř. skalní podklad v malých hloubkách pod povrchem terénu.

Charakter vibrací od dopravy je závislý zejména na hmotnosti vozidla, rychlosti a způsobu jízdy vozidla, na směru pohybu vozidla (po přímce nebo v oblouku, po rovině nebo ve svahu), na brzdění nebo zrychlování vozidla. Dalším parametrem je rovinnost jízdní dráhy, ať již jde o kvalitu povrchu silniční vozovky nebo směrové a výškové vyrovnání kolejové dráhy, způsob upevnění kolejnic, skladbu podkladních vrstev vozovky apod. Kromě parametrů vibrací ve zdroji má na velikost vibrací vliv složení prostředí na cestě od zdroje k ohrožené konstrukci budovy, tedy zvláště skladba geologického prostředí a jeho mechanické vlastnosti, tedy tuhost, rychlost šíření vlnění, útlum se vzdáleností apod. Konečně pak může velikost vibrací z podloží zesílit nebo utlumit provedení vlastní konstrukce budovy a způsobu jejího založení, zejména pak frekvenční naladění ohrožené konstrukce.

Právě pro řadu vlivů, které se podílejí na úrovni vibrací v daném místě na dané konstrukci, je pro rozvahy o snížení úrovně vibrací na přípustnou míru vhodné provést jejich měření. Měření lze realizovat buď na hotové konstrukci, ne-

bo v případě její předpokládané výstavby na úrovni základové spáry v sondách v blízkosti ohrožené konstrukce nebo v blízkosti zdroje vibrací, tedy na konstrukci vozovky nebo konstrukci metra, železnice, tramvajového tělesa. Naměřené vibrace pak lze využít pro kvalitnější analýzu odezvy celé konstrukce ohroženého objektu nebo jen jeho částí a návrh opatření ke snížení vibrací.

I přes uvedené odlišnosti, jež mají vliv na intenzitu a časový průběh vibrací od dopravy, mají seizmické účinky od těchto zdrojů jisté společné znaky.

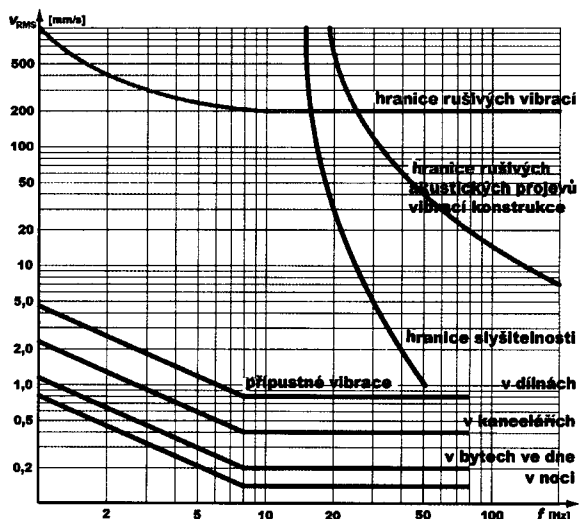
Povrchová silniční doprava

Vibrace, šířící se podloží od účinků povrchové dopravy, jsou významným zdrojem buzení budov. Pokud mají vozovky v okolí posuzovaných budov kvalitní a rovný povrch, pak se přejezd vozidel po komunikaci projevuje především akusticky. Akustické vlny, které se šíří vzduchem, vybudí v konstrukci vibrace především na úrovni 3. až 7. podlaží a ve stěnách fasády přivracené ke komunikaci. Vibrace v nižších a nebo vyšších podlažích mají zpravidla významně nižší intenzitu. Velikost vibrací konstrukce od akustických vlivů je možné pozorovat na již dříve vzniklých trhlinách jako pohyb s nízkou amplitudou. Tyto vibrace jsou však zpravidla značně menší než amplitudy velmi pomalých pohybů odpovídající kolísání povětrnostních vlivů, zejména venkovní i vnitřní teploty a vlhkosti.

Vibrace šířící se podloží mají zpravidla vyšší intenzitu než vibrace od akustických jevů. Pro běžné stavby je však z hlediska bezpečnosti tato úroveň vibrací od běžné dopravy nevýznamná, s výjimkou historických objektů nebo objektů v chatrném stavu. Vznik větších trhlin může být vyvolán přejezdy velmi těžkých vozidel nebo provozem stavebních strojů (např. vibračních válců) při výstavbě nových konstrukcí v blízkosti stávajících.

Zpravidla se vibrace od běžné dopravy, šířící se podloží, mohou projevit pouze drobnými trhlinkami a prasklinkami ve fasádě, označovanými jako „kosmetické“ škody. Větší škody může druhotně způsobit sedání objektů a okolního území v blízkosti nepevných cest, které jsou využívány pro stavební dopravu nebo vibrace vyvolané při ražení pilot, trhačích prací apod. Tyto škody na budovách nemají obvykle nic společného s vibracemi od běžné dopravy po okolních komunikacích.

Dříve, než se začnou projevovat škody od vibrací od dopravy na ohrožené konstrukci, bývá vážnějším problémem působení vibrací na osoby v těchto konstrukcích. Vibrace tohoto typu obvykle mnohem dříve přesáhnou bezpečné limity udávané hygienickými normami (*obr. 1*), než dojde k vytvoření trhlin a prasklin v konstrukci. To ostatně vyplývá i ze srovnání limitů pro vibrace podle ČSN 73 0040 [2] a podle nařízení vlády [5], jež je v současnosti platnou hygienickou normou.



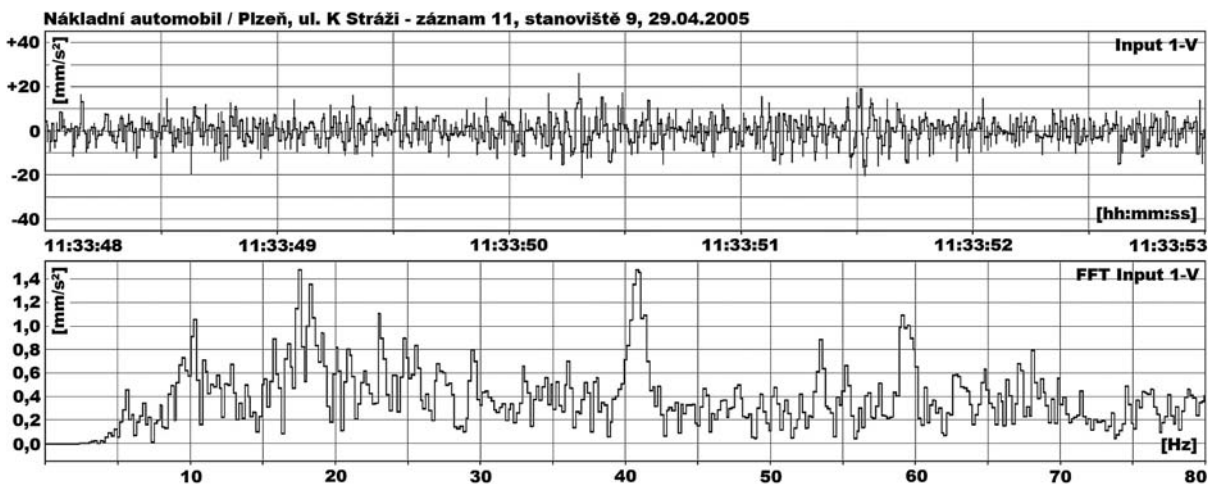
Obr. 1. Porovnání mezí pro rušivé vibrace a akustické vlivy s normovými limity

Na obrázcích 2 až 4 jsou uvedeny naměřené úrovně kmitání v lokalitě plzeňského předměstí Roudná při průjezdu plně naloženého nákladního automobilu Tatra rychlostí 20 až 30 km/h po místní asfaltové komunikaci s relativně malými nerovnostmi (obr. 5). Měření bylo provedeno na okraji vozovky, dále na podlaze přízemního podlaží nového

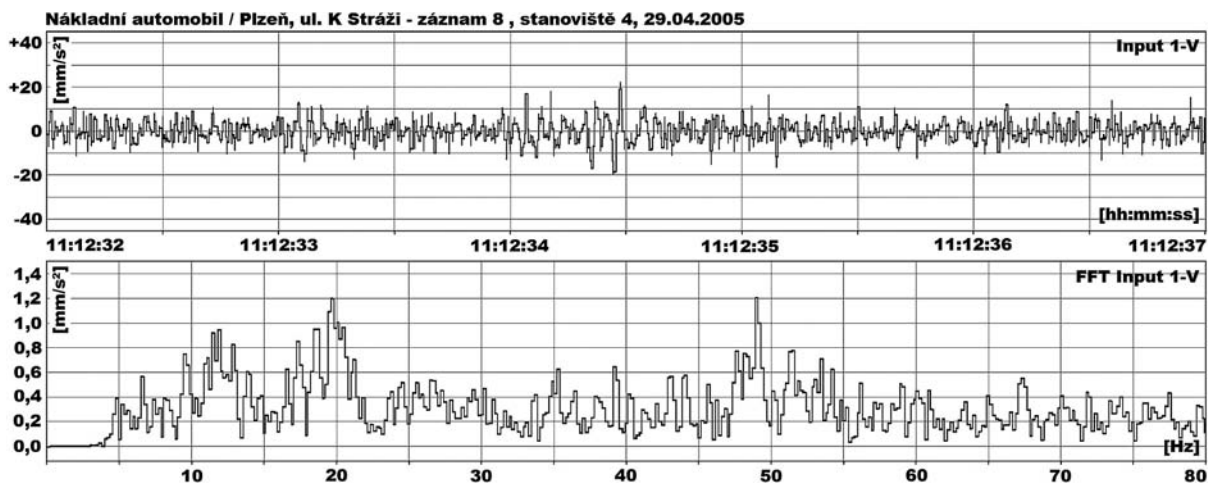
nepodsklepeného rodinného domu v těsné blízkosti zdi čelní fasády, a konečně na úrovni podlahy 1. patra stejného domu, na vertikále nad stanovištěm v přízemí. Z porovnání jednotlivých záznamů je vidět, že konstrukce rodinného domu vibrace z vozovky zesílí, a to zejména na vlastních frekvencích měřeného domu.

V ČSN 73 0040 [2] je v čl. 5.4.1 a tab. 8 uvedeno stanoviště, že pokud seizmické vibrace nepřesáhnou předepsanou mez (v našem případě konkrétně pro běžné obytné zděné nízkopodlažní budovy jde o 1 mm/s), není nutné se jimi zabývat. Tato normová mez bývá často mylně zobecňována na obě skupiny mezních stavů, tedy jak na bezpečnost konstrukce podle 1. skupiny mezních stavů, tak na vliv vibrací na spolehlivost konstrukce podle 2. skupiny mezních stavů. V citovaném článku normy je však uvedeno, že platí pouze pro 1. skupinu mezních stavů. Při využití budovy k bydlení nebo s ohledem na umístění citlivých zařízení v budově je nutné chápat hygienická kritéria nebo kritéria pro spolehlivost instalované technologie v ohrožené konstrukci jako kritéria v rámci 2. skupiny mezních stavů.

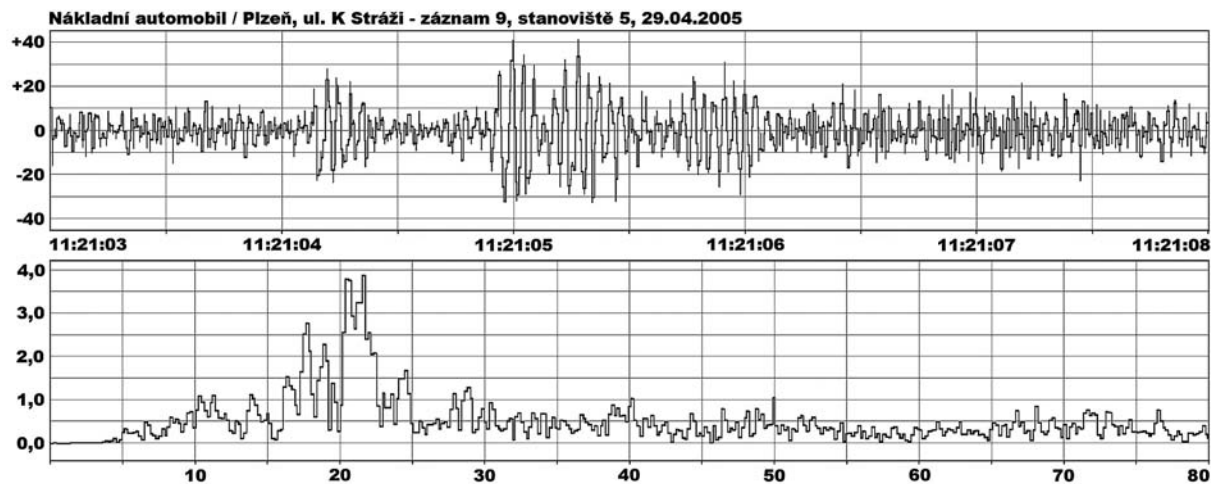
Argumentem proti použití normového kritéria podle [2] i na 2. skupinu mezních stavů je skutečnost, že konstrukce budovy, stejně jako kterákoliv jiná konstrukce, může vibrace od dopravy, šířící se jako seizmický signál podloží, zesílit, a pak i v daleko menším amplitudovém rozsahu mohou ohrožovat pohodu (ve smyslu nařízení vlády [5] ohrozit spolehlivost konstrukce) obyvatel domu (obr. 1). Je tedy nutné se jimi zabývat a vzájemnou interakci vibrací od tech-



Obr. 2. Záznam a FFT spektrum vertikálních vibrací naměřených na okraji vozovky



Obr. 3. Záznam a FFT spektrum vertikálních vibrací naměřených v přízemí domu



Obr. 4. Záznam a FFT spektrum vertikálních vibrací naměřených v 1. patře domu



Obr. 5. Nerovnosti vozovky místní komunikace

nické seizmicity od dopravy se stavební konstrukcí podrobněji analyzovat, i když pro 1. skupinu mezních stavů je amplitudová úroveň vibrací od technické seizmicity velmi nízká.

Obdobné zkušenosti se zesílením vibrací stavebních konstrukcí budov byly získány s řadou dalších konstrukcí – uvedme jako příklad další stanoviště patrového rodinného domu v obci Úlibice poblíž Jičína. Tento dům se od domu v Roudné lišil jak odlišným typem konstrukce a skladbou podloží, tak zejména velmi dobrou kvalitou nové vozovky a rychlostí projíždějících vozidel po silnici 1. třídy. V tabulce 1 jsou uvedeny mezní hodnoty intervalu naměřených maximálních zrychlení vibrací a_{peak} na různých stanovištích v domě (vstupní schodiště na úrovni přízemí a patro) a před domem při průjezdu několika kamionů různé konstrukce okolo domu rychlostí cca 40 až 50 km/h. Měření bylo provedeno jak na chodníku vedle vozovky, tak na podlahách domu v těsné blízkosti obvodových zdí. Z porovnání naměřených

Tab. 1. Amplitudová úroveň naměřených maximálních zrychlení vibrací a_{peak} na různých stanovištích při přejezdu několika vozidel nebo vlaků

Zdroj vibrací	Lokalita	Meze intervalu zrychlení a_{peak}		Vzdálenost snímače od zdroje [m]	Umístění snímače
		[mm/s ²]	[mm/s ²]		
tramvaj	Plzeňská, Praha	18	22	12	obrubník chodníku
kamión	Plzeňská, Praha	12	13	5	obrubník chodníku
metro	Pankrác, Praha	90	120	0	základy objektu nad metrem
metro	Radlice, Praha	30	65	0	nástupiště u koleje
metro	Radlice, Praha	15	17	0	obezdívka tubusu metra
metro	Hůrka, Praha	121	690	15	hlava piloty
kamión	Úlibice u Jičína	12	16	3	chodník u cesty
kamión	Úlibice u Jičína	13	14	8	schodiště do domu
kamión	Úlibice u Jičína	21	23	8	patro domu
Tatra	Roudná, Plzeň	14	19	8	přízemí domu
Tatra	Roudná, Plzeň	30	36	8	patro domu
Tatra	Roudná, Plzeň	19	23	1	obrubník u cesty
Tatra	Roudná, Plzeň	12	18	10	schodiště do domu
vlak	Zašová u Rožnova	9	9	500	základ na poli
kamión	Zašová u Rožnova	2	8	500	základ na poli
autobus	Zašová u Rožnova	2	6	500	základ na poli

úrovni je zřejmě amplitudové zesílení vibrací uvnitř domu. Zesílení vibrací je na frekvenčních složkách, které odpovídají vlastním frekvencím domu (samozřejmě odlišných od předchozího případu v Plzni).

Dalším příkladem je interval vibrací naměřených na obrubníku kvalitní asfaltové komunikace na Plzeňské ulici při výjezdu z Prahy od přejezdu několika nákladních vozidel rychlostí 50 až 60 km/h (viz možný interval naměřených maximálních zrychlení a_{peak} v tab. 1). Z tohoto měření je zřejmé, že amplitudová úroveň vibrací od dopravy na kvalitním povrchu vozovky je srovnatelná s výsledky měření v Úlibicích.

Pro porovnání se zahraničními zkušenostmi jsou v tab. 2 podle [14] uvedeny výsledky kanadského měření jízdy kamiónu a autobusu stejné váhové kategorie po nerovné vozovce. Z evropských podmínek je uveden graf na obr. 6 pro různé typy přejezdu kamiónů a traktorů po běžných vozovkách [8]. Z porovnání obou zahraničních materiálů s našimi zkušenostmi je zřejmé, že jejich výsledky byly sestaveny pro nekvalitní a nerovné, popř. nebezpečné povrchy vozovek. I přes tuto skutečnost lze z porovnání výsledků všech uvedených měření usuzovat na přibližnost a variabilitu odhadů účinků dopravy na stavební konstrukce. To je důvod, proč odhady, zejména pro významnější konstrukce nebo půdorysně či výškově rozsáhlejší objekty, především sídlištních, hotelových, administrativních komplexů a škol, se doporučuje zpřesnit měřeními v konkrétních podmínkách lokality.

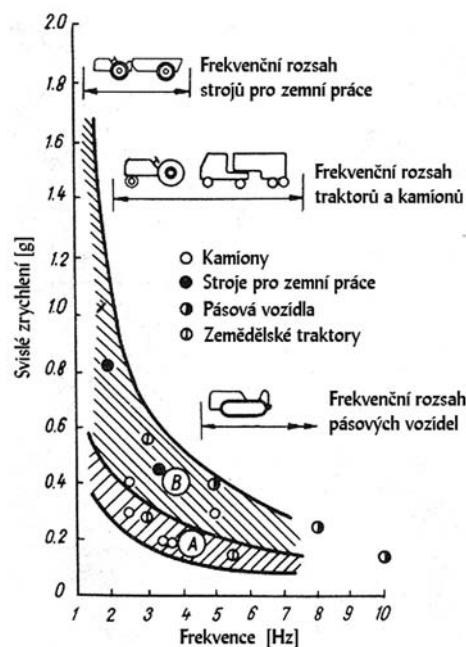
Obecně lze konstatovat, že vibrace od silniční dopravy, které se šíří okolním prostředím do blízké zástavby, jsou na frekvencích v rozsahu přibližně 5 až 25 Hz. Amplitudově jsou v rozsahu 0,005 až 2 m/s² ve zrychlení nebo 0,05 až 25 mm/s v rychlostech. Dominantní frekvence a amplitudy vibrací buzení objektu závisí na mnoha faktorech, především na vozovce, hmotnosti, konstrukci a rychlosti vozidla a způsobu jízdy (např. zastavení); typu, složení, ulehlosti a vlhkosti podloží vozovky a cesty k objektu, vzdálenosti vozovky od objektu, ročním období (např. zmrzlá horní vrstva terénu nebo suchá, rozmáčená) atd. Charakter vibrací a tyto faktory jsou vzájemně závislé, ale nelze jednoduše stanovit závislosti mezi nimi. Tak například vliv rychlosti vozidla souvisí s rovinností jízdní dráhy. Obecně, čím nerovnější je povrch jízdní dráhy, tím více rychlost vozidla ovlivňuje vybuzení amplitudy vibrací. Obdobně způsob jízdy vozidla, např. vibrace při zastavení, závisí na počáteční rychlosti vozidla a rovinnosti jízdní dráhy. Pro malé rychlosti a kvalitnější povrch vozovky je způsob zastavení prakticky nevýznamný ve srovnání s rychlostními komunikacemi nebo nerovnými vozovkami. Z tabulky 2 je zřejmé, že účinky kamiónu a autobusu jsou při rychlosti 25 km/h srovnatelné, zatímco při rychlosti 50 km/h jsou účinky autobusu téměř dvojnásobné.

Amplitudy budících vibrací a jejich dominantní frekvence závisí také na typu zemin v podloží a jejich ulehlosti. Čím je podloží tužší a útlum šíření vlnění v něm menší, tím vyšší jsou amplitudy vibrací, které se přenášejí do ohrožené konstrukce. Pro šíření vibrací podložími jsou pak významné vlastní frekvence zemin – pokrývných útvarů na skalním podkladu. V oblasti těchto vlastních frekvencí se vibrace od dopravy šíří do větších vzdáleností. V našich podmínkách je obvyklá tloušťka zemin na skalním podkladu 2 až 4 m, pak mohou být vlastní frekvence zemin na skalním podkladu blízké vlastním frekvencím budov (jejich stěn a stropů), a pak je přenos vibrací od dopravy do stavebních konstrukcí zesílen v důsledku rezonančního efektu.

Tab. 2. Porovnání efektivní úrovně zrychlení vibrací [mm/s²] způsobené kamiónem a autobusem při jízdě různou rychlostí po nerovné vozovce [14]

Stanoviště	25 km/h		50 km/h	
	autobus	kamión	autobus	kamión
terén v blízkosti čelní fasády	20,5	19,9	64,5	33,2
vnější zeď na úrovni základu	11,2	10,1	30,9	15,7
střed podlahy v 1. podlaží (přízemí)	20,3	20,8	62,9	30,1
střed podlahy ve 2. podlaží (1. patro)	35	37,3	96,2	46,7

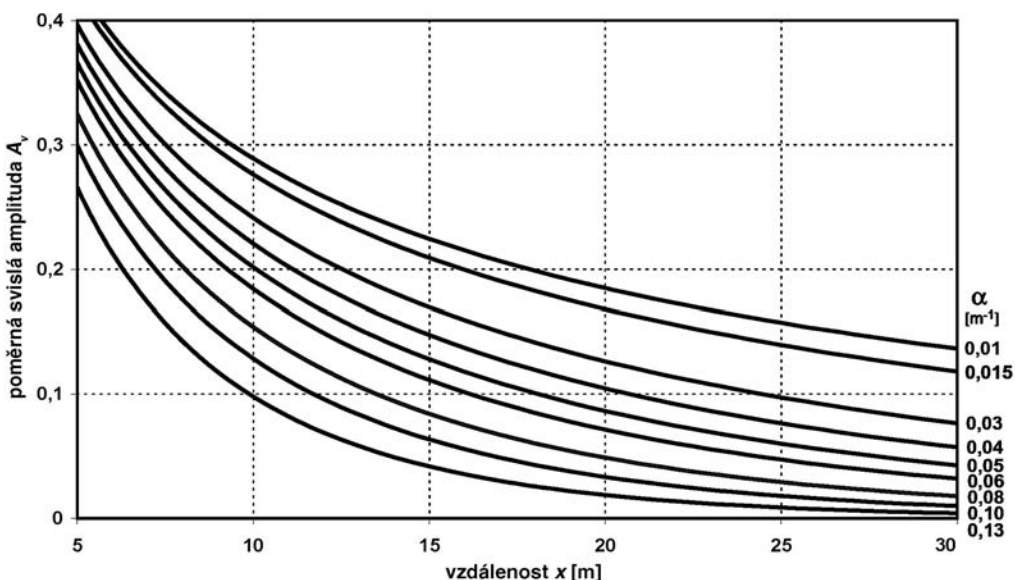
Poznámka: Autobus byl vybaven vzduchovým odpružením, kamión měl ocelové listové pružiny.



Obr. 6. Frekvenční a amplitudové charakteristiky vibrací od jízdy různých typů vozidel [8]

Tab. 3. Informativní hodnoty konstanty absorpce α pro různé základové půdy [2]

základová půda	α [m ⁻¹]
bahnité zemin	0
jemnozrné písky a písčité hlíny nasycené vodou	0,03–0,04
písky středně až hrubě zrnité, vlhké hlíny, písčité hlíny	0,04–0,06
jílnaté písky, hlíny a písčité hlíny	0,03–0,05
hlíny a písčité hlíny suché (tvrdé)	0,08–0,10
suché šterkovité zemin	0,10–0,15



Obr. 7. Závislost amplitudy buzení na vzdálenosti od zdroje pro různé velikosti konstanty absorpce [2]

Úroveň budících vibrací od dopravy klesá exponenciálně se vzdáleností ohrožené konstrukce od dopravní cesty; na obr. 7 jsou uvedeny tyto závislosti podle ČSN 73 0040 [2] pro různé typy povrchových zemín (tab. 3). Pro velké vzdálenosti komunikace od ohrožené konstrukce v řádu stovek metrů jsou zpravidla vyšší frekvenční složky vibrací úplně utlumeny a amplituda zrychlení vibrací je v řádu pouze jednotek mm/s², ale na nízkých frekvencích v řádu jednotek Hz (tab. 1).

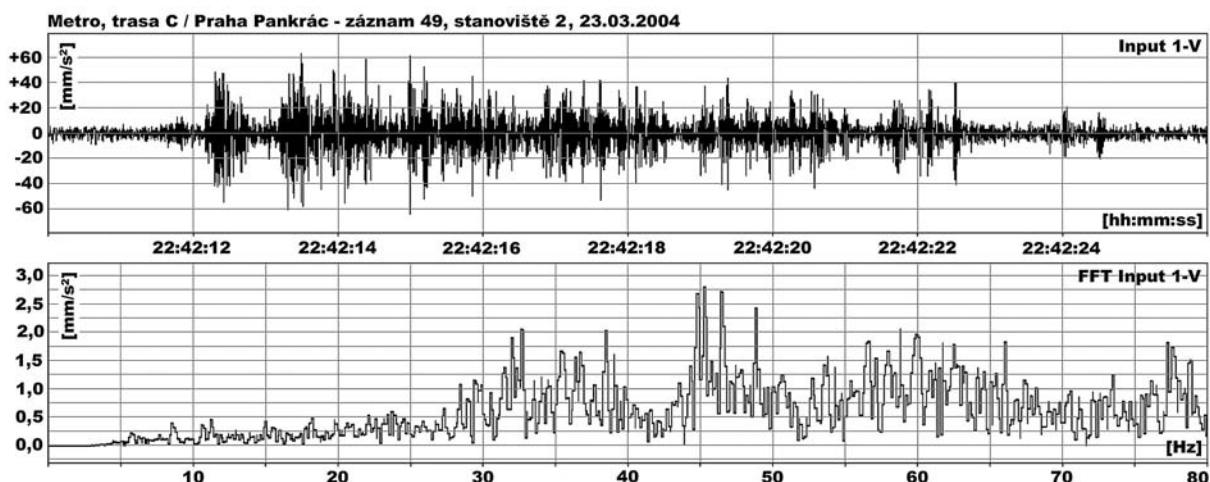
Kolejová doprava

Seizmické zatížení od povrchové nebo podpovrchové kolejové dopravy se projevuje, obdobně jako v případě silniční dopravy, jako kinematické zatížení základových konstrukcí objektů v blízkosti těchto dopravních cest. Charakteristiky budících vibrací v jednotlivých lokalitách v návaznosti na typ vozidel, jejich jízdní dráhu, způsob jízdy apod., stejně jako u silniční dopravy, se mohou významně lišit. Charakter budících vibrací od kolejové dopravy odpovídá přejezdu vlaků přes nerovnosti kolejové jízdní dráhy a příčným pohybům vozidel v důsledku vůlí mezi kolem a kolejnicí. Z naměřených časových průběhů těchto účinků lze zpravidla identifikovat počty vagónů vlaků, vlivy počtu náprav, které se při průjezdu vlaku okolo měřeného stanoviště projeví na

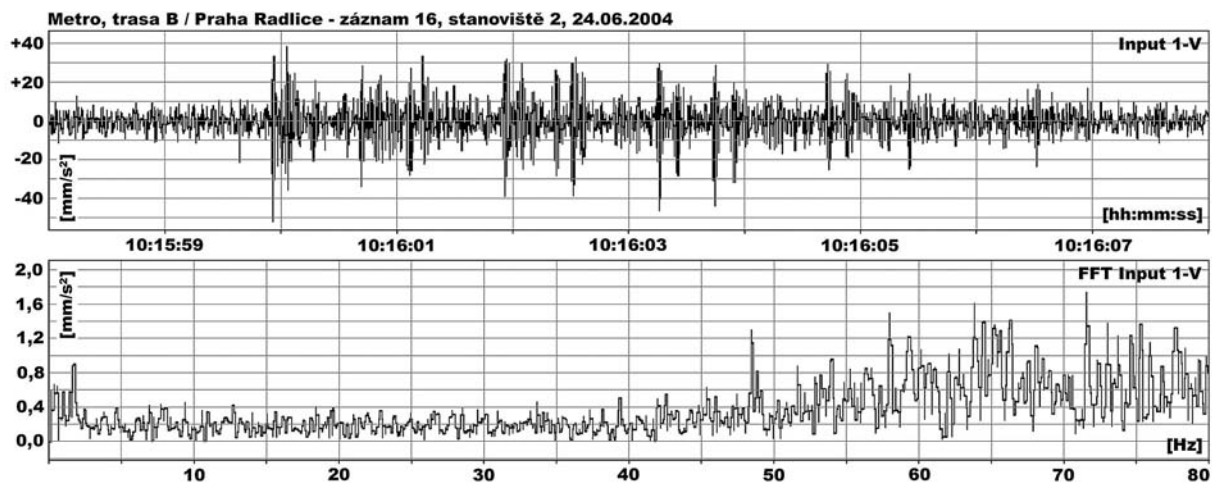
záznamech z měření jednotlivými skupinami výkmitů a následným dokmitáním.

■ Podpovrchová kolejová doprava

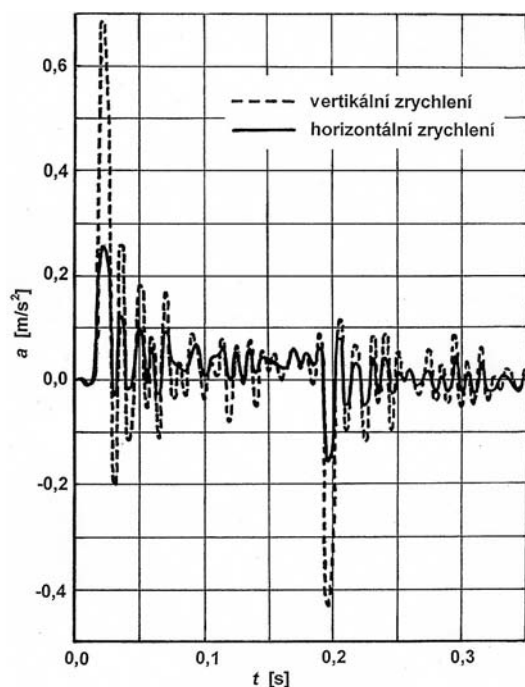
Míra odlišnosti naměřených vibrací od průjezdu vlaků metra je zřejmá z porovnání několika typických záznamů a jejich frekvenčních spekter z pražských podmínek. Na obrázku 8 je záznam z měření na trase C na Pankráci, na obr. 9 je záznam z měření na novější trase B v Radlicích. Konečně na obr. 10 je záznam z měření také na trase B poblíž stanice Hůrka ze stanoviště v blízkosti přejezdu vlaku metra z tunelové trasy do nadzemní mostní trasy, tedy z místa, kde o velikosti vibrací rozhoduje i změna tuhosti podkladu. Amplitudy vibrací na obr. 8 a obr. 9 jsou přibližně v poměru 2 : 1 (tab. 1) a frekvenční složení je úplně odlišné. Vibrace naměřené na stanovištích vedle tras metra, které procházejí přibližně ve stejné hloubce pod povrchem (mělké trasy), se projevují různými dominantními frekvencemi – pro starší trasu C jde o frekvence od 35 do 65 Hz, pro novější trasu B od 48 do 80 Hz. U obou tras jsou na frekvenčních spektrech buzení na frekvencích nad přibližně 120 Hz zřejmé také vysokofrekvenční akustické složky vibrací, které se šíří do okolního prostředí tuhými kontakty mezi tunelovou trasou a základy budov. Na frekvenční charakter budících frekvencí má konstrukce tunelové roury a kolejového svršku dominantní vliv.



Obr. 8. Záznam a FFT spektrum vertikálních vibrací naměřených na základech objektu nad trasou metra C



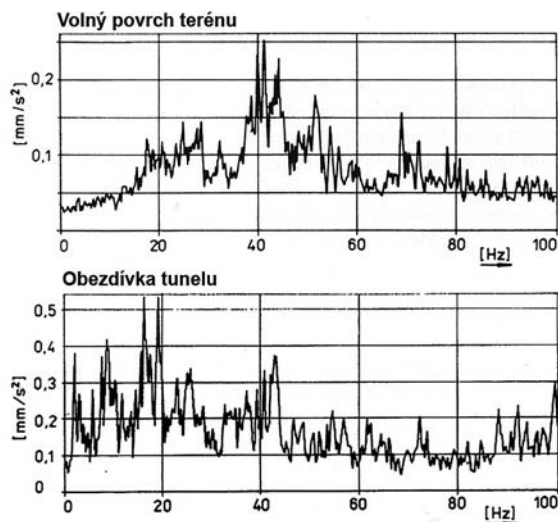
Obr. 9. Záznam a FFT spektrum vertikálních vibrací naměřených na konstrukci metra trasy B



Obr. 10. Impulsní odezva naměřená na hlavě piloty na konstrukci v blízkosti rozhraní tunelové a mostní části metra trasy B

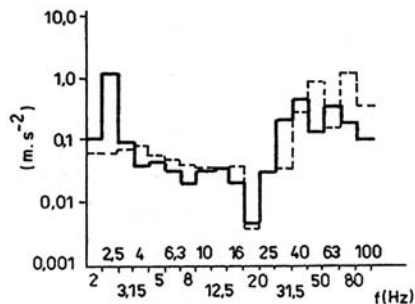
Ve srovnání s obr. 8 a obr. 9 jsou charakteristiky na obr. 10 odlišné, časový průběh záznamu je tvořen impulsem, který se šíří do okolí. Amplituda impulsů, způsobených přejezdy vlaků přes tuhostně odlišné rozhraní jízdní dráhy (přejezd z tunelové části na mostní a obráceně), je až řádově větší.

Při přenosu vibrací z hlubokých tras metra k povrchu terénu dochází zpravidla ke snížení amplitudové úrovně buzení. Tak např. před stavbou hotelu Hilton v Praze proběhlo měření vibrací na úrovni povrchu obezdívky tunelové trasy mezi stanicemi Florenc a Vltavská v kopané sondě a také na volném nezastavěném povrchu terénu na zkušebním základu [9]. Příklad frekvenčních spekter naměřených vertikálních vibrací je uveden na obr. 11. Z porovnání úrovně odezvy na tunelové konstrukci metra a na volném povrchu terénu na zkušebním základu je zřejmé, že frekvenční složení budícího signálu při průchodu geologickým prostředím se mění v závislosti na mocnosti vrstev, vzdálenosti od zdroje apod. Do frekvenčního spektra z měření na volném povrchu na zkušebním základu se promítnou i frekvence ulo-



Obr. 11. FFT spektrum vertikálních vibrací naměřených na volném povrchu terénu a na konstrukci metra trasy C před výstavbou hotelu Hilton

žení tohoto základu na podloží na úrovni terénu (na obr. 11 jde o vlastní frekvenci kmitání základu na podloží okolo 69 Hz), které jsou pro hodnocení úrovně buzení budoucí zástavby nevýznamné.



Obr. 12. FFT spektrum vertikálních vibrací naměřených v kolejisti (plná čára) a na konstrukci stanice metra Dejvická trasy A (čárkovaná čára)

Na obrázku 12 jsou porovnávána naměřená spektra v kolejisti a na nosné konstrukci stanice metra Dejvická. Při porovnání způsobu jízdy vlaků metra [10] v této stanici má zastavení soupravy za důsledek přibližně devítinásobné zesílení amplitud vibrací ve srovnání s hladkým průjezdem

stanicí. Ze spekter je dále zřejmé, že ne vždy, resp. nikoli v celém uvažovaném spektru frekvencí do 100 Hz, musí být nutně vibrace v kolejišti větší než vibrace na nosné konstrukci tunelu nebo stanice; to závisí na spektru vlastních frekvencí příslušné tunelové konstrukce (obdobně jako při přenosu vibrací z vozovky do blízkých objektů u silniční dopravy), jejichž důsledkem je, že vibrace z kolejiště mohou být na frekvencích, odpovídajících vlastním frekvencím tunelu, zesíleny nebo zeslabeny.

Obecně lze konstatovat, že efektivní vibrace (efektivní zrychlení vibrací) od pojezdu vlaků v metru jsou v pražských podmínkách na úrovni desetin mm/s^2 , pokud se tyto vibrace šíří geologickým prostředím na větší vzdálenosti a z větších hloubek. Okamžité špičkové výkmity zrychlení z vibrací se pohybují v jednotkách až desítkách mm/s^2 . Dominantní frekvenční složky vibrací leží přibližně na frekvencích od 40 Hz výše. U konstrukcí základů budov, které spojuje se stavbami metra pevný kontakt, např. prostřednictvím železobetonu, proniklé betonové injektáže ze základů, skalní horniny, je zřejmý nárůst amplitud budících vibrací proti uváděnému rozmezí.

■ Povrchová kolejová doprava

V městských aglomeracích jsou typickým představitelem vibrace vznikající při přejezdu tramvají nebo vlaků. Signál od vlivu kolejové dopravy je amplitudově i frekvenčně obdobný jako signál od dopravy v metru. Jeho intenzita se liší podle blízkosti kolejové trasy posuzované konstrukce budovy. Intenzita vibrací od povrchové tramvajové dopravy ve srovnání s vibracemi od hluboce uložených tras metra ve střední části Prahy je zpravidla vyšší. U okrajových částí města při mělce vedených trasách metra jsou amplitudy vibrací od podpovrchové dopravy v metru naopak vyšší než od povrchové tramvajové dopravy. Rovněž délka záznamů vibrací („silné“ složky vibrací, která převyšuje šum prostředí) od tramvajové dopravy je kratší (vzhledem k počtu vagónů soupravy) než v případě metra nebo vlakových souprav na železnici. Typický záznam vibrací od přejezdu tramvaje ve vyhrazeném dopravním pruhu, měřený na obrubníku silniční vozovky, je uveden na obr. 13.

Vlivy úpravy terénu na přenos vibrací do objektů

Podle posledních výzkumů této problematiky se většina celkové energie z mělce uložených nebo na povrchu situo-

vaných zdrojů přenesou do okolních konstrukcí jako povrchové vlnění terénu nebo různě hmotných vrstev podloží. Podle anglických zdrojů mají rozhodující podíl Rayleighovy povrchové vlny 67 %, zbývajících 26 % připadá na smykové vlnění a 7 % na podélné vlnění [14].

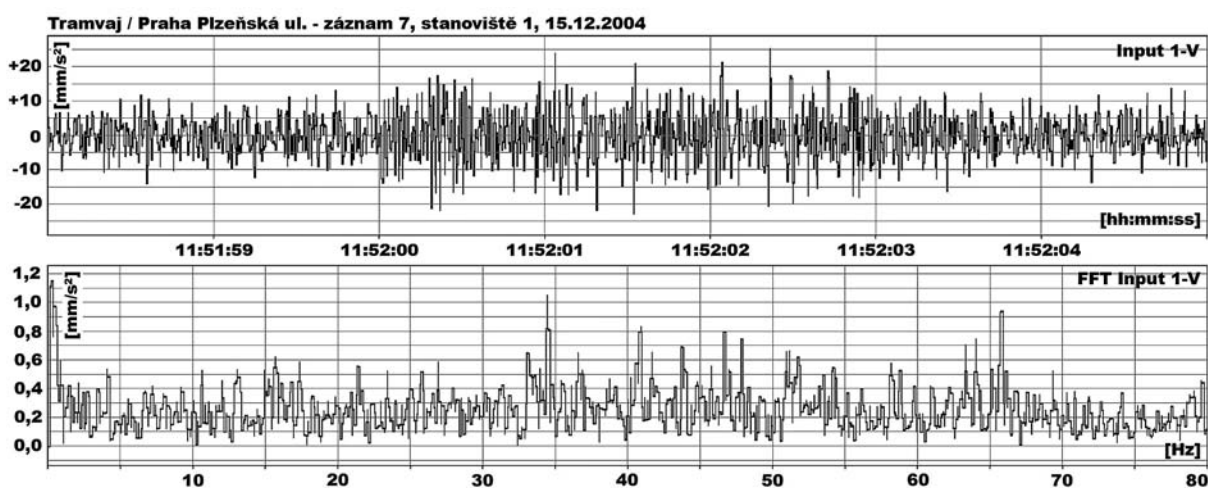
Díky povrchovému vlnění rozhoduje o přenosu vibrací do konstrukce způsob připojení jízdní dráhy k ohrožené budově povrchem zpevněným (vozovka, vybetonované povrchy), nebo nezpevněným (zatravněné plochy, zahrady). Při zjišťování vlivu zpevnění na přenos vibrací z jízdní dráhy do konstrukce budovy byly získány výsledky z měření účinků vibračního válce na okolní vícepodlažní konstrukce řadové obytné zástavby při výstavbě průtahu rychlostní komunikace Libercem. Na obrázku 14 jsou uvedeny vibrace kmitání stejných typů budov řadové zástavby od pojezdu vibračního válce rychlostí 20 až 30 km/h s vypnutým vibrováním po asfaltové vozovce, která se v části řadové zástavby dotýkala obvodových zdí budov a ve druhé části byla oddělena od vlastních budov pruhem zatravněné plochy širokým 5 m. Do obrázku jsou vloženy limity vibrací pro stavby třídy A, B a C. V podloží pod vozovkou i pod trávníkem (v hloubce cca 1 m) byly původní šterkopískové několikametrové vrstvy podloží.

Posuzování vlivu vibrací od dopravy na stavební konstrukci

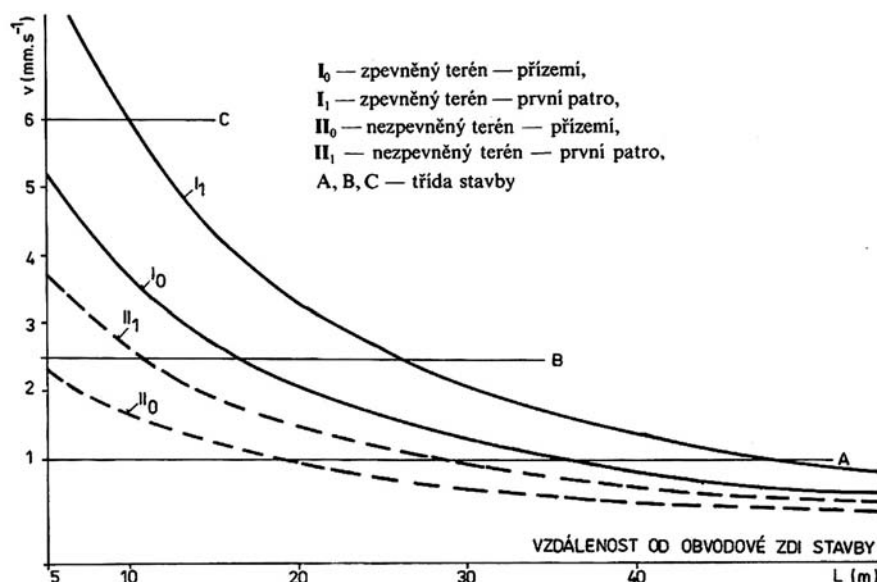
V zásadě je nutné vibrace po interakci se stavební konstrukcí posoudit podle obou skupin mezních stavů:

- z hlediska bezpečnosti vlastní stavební konstrukce podle normy pro technickou seizmicitu [2] a norem pro navrhování konstrukcí;
- z hlediska spolehlivosti v návaznosti na splnění kritérií na její využitelnost, jež jsou pro pobyt osob v konstrukci stanoveny normou [3], a hygienickými předpisy s povahou zákona [5], nebo pro citlivá zařízení a stroje národními [4] nebo mezinárodními normami [6], popř. kritérii výrobců těchto zařízení [1] nebo ČSN 73 0032 [15].

Vzhledem k rozsahu těchto normativních nebo zákonných dokumentů není účelné uvádět jejich plné znění. Informativně lze z obr. 1 porovnat přípustný amplitudový a frekvenční rozsah vibrací v obytných prostorách, kancelářích nebo dílnách podle hygienických předpisů [5] ve frekvenční oblasti do 80 Hz s hranicí, kdy tyto vibrace působí na člověka nepříznivě – rušivě. Obdobně lze porovnat meze rušivých nebo nepříjemných akustických projevů s hranicí slyšitelnosti.



Obr. 13. Záznam a FFT spektrum vertikálních vibrací naměřených na obrubníku vozovky



Obr. 14. Vliv zpevnění terénu na odezvu konstrukce při provozu vibračního válce po blízké asfaltové vozovce

Přípustné vibrace z hlediska bezpečnosti konstrukce jsou v rozmezí rychlosti od 2 do 6 mm/s podle typu konstrukce. Vibracemi, při kterých mohou vzniknout první poruchy na konstrukcích, leží nad 10 až 50 mm/s, zase v závislosti na typu konstrukce, jejím provedení a stavu [2].

Závěr

Cílem článku bylo porovnat vlivy povrchové a podpovrchové dopravy na stavební konstrukce v jejich blízkosti a dát informativní pohled na jejich amplitudovou a frekvenční charakteristiku včetně případné modifikace těchto budících vibrací v důsledku naladění konstrukce. Jde o velmi komplexní problematiku, na kterou v současnosti nelze dát vždy jednoznačnou odpověď bez podrobnějších analýz, protože jak charakter buzení, tak odezva konstrukce závisí na řadě parametrů jak u zdroje, tj. ohrožené konstrukce, tak na cestě od zdroje ke konstrukci. Z výše uvedeného a v souladu se zkušenostmi ze zahraničí je nejvhodnější měřit úroveň vibrací ve zdroji, na cestě nebo na ohrožené konstrukci. U konstrukce ve výstavbě lze provést měření na základech nebo v těsné blízkosti. Následuje posouzení odezvy ohrožené konstrukce, popř. návrh opatření pro omezení vibrací celé konstrukce nebo její části.

Naměřené hodnoty odezvy nemusí být v jednotlivých lokalitách významně podobné, naopak, mohou se od sebe i výrazně lišit. Hodnoty vibrací uvedené v příspěvku lze tedy použít jako první přiblížení ke skutečným hodnotám na reálné konstrukci v konkrétních podmínkách.

Práce na této problematice je podporována projektem č. 103/03/0082 GA ČR „Nelineární odezva konstrukcí při mimořádných zatíženích a zatíženích způsobených pohybem člověka“.

Literatura

- [1] ČSN 73 0035: Zatížení stavebních konstrukcí. ČSN, 1986.
- [2] ČSN 73 0040: Zatížení stavebních objektů technickou seismicitou a jejich odezva. ČSN, 1996.
- [3] ČSN ISO 2631 (01 1405): Hodnocení expozice člověka celkovým vibracím, Část 1: Všeobecné požadavky, Část 2: Nepřerušované vibrace a rázy v budovách (1 až 80 Hz). ČSN, 1994; revize 1999.

- [4] ČSN ISO 8569 (01 1431): Vibrace a rázy – Měření a hodnocení účinků rázů a vibrací na citlivé přístroje v budovách. ČSN, 1999.
- [5] Nařízení vlády č. 502/2000 Sb. ze dne 27. listopadu 2000, o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací; revize 2004.
- [6] ISO 4866:1990 Mechanical Vibration and Shock – Vibrations of Buildings – Guidelines for the Measurement of Vibrations and Evaluation of their Effects on Buildings.
- [7] ISO/DIS 14837-1.2:2004 Mechanical Vibration – Ground-Borne Noise and Vibration Arising from Rail Systems – Part 1: General Guidance.
- [8] Major, A.: Dynamics in Civil Engineering. Budapest, Akadémiai Kiadó 1980.
- [9] Makovička, D. – Král, J.: Dynamické zatížení základových konstrukcí nově budovaných hotelů v Praze, působených provozem metra. Pozemní stavby, 1990, č. 12, s. 493–498.
- [10] Makovička, D.: Structural Analyses Under Technical Seismic Excitation. Krätzig, W. B. and All: Structural Dynamics. Rotterdam, Balkema 1991.
- [11] Makovička, D.: Zatížení stavebních konstrukcí seismickými účinky podpovrchové a povrchové dopravy. Inženýrské stavby, 1991, č. 9, s. 320–322.
- [12] Makovička, D. – Makovička, D.: Dynamic Response of Building From Groundborne Vibration Loading, In: Engineering Mechanics 2004. Inst. of Thermomechanics, Ac. of Sci. of CR., 2004, Svratka, pp. 175–176 + 10 pp. on CD.
- [13] Makovička, D. – Makovička, D.: Izolace budov proti nadměrným vibracím od provozu metra. Stavební obzor, 14, 2005, č. 1 s. 8–15.
- [14] Osama Hunaidi: Traffic Vibrations in Building. National Research Council of Canada, No. 39, 2000.
- [14] ISO/TC108/SC2/WG8/N59: Thornely-Taylor, R. M.: Prediction of Ground Vibrations from Underground Railways
- [15] ČSN 73 0032: Výpočet stavebních konstrukcí zatížených dynamickými účinky strojů. ČSN, 1978.

Makovička, D. – Makovička, D. jr.: Loading of Building Structures by Vibrations from Surface and Subsurface Transport

Vibrations arising from passage of vehicles on roads of highways and urban streets, as well as vibrations from passage of trains of surface and subsurface transport affect vibrations of building structures in their vicinity. During passage of vehicles, they manifest themselves in

acoustic and vibration effects; under the best of conditions, they lead to floor vibration which may affect comfort of the users of the building adversely. Besides, they may affect sensitive equipment inside the building, such as laboratory equipment, cinema projectors, or reduce their reliability. This article seeks to assess the level of these vibrations and compare different locations and different sources.

Makovička, D. – Makovička, D. jr.: Belastung von Bauwerken durch Vibrationen aus dem ober- und unterirdischen Verkehr

Vibrationen, die bei der Durchfahrt von Fahrzeugen auf Fahrbahnen von Landstraßen und Ortsstraßen entstehen, ebenso wie beim Fahren von Zügen im ober- und unterirdischen Verkehr entstehende Vibrationen beeinflussen das Schwingen von Baukonstruktionen in ihrer Nähe. Beim Vorbeifahren von Fahrzeugen machen sie sich durch akustische und Schwingungserscheinungen, im ungünstigsten Fall durch Vibrieren der Fußböden bemerkbar, was den Komfort für die Nutzer der Objekte beeinträchtigen kann. Sie können ebenfalls empfindliche Einrichtungen im Gebäude, wie z.B. Laborgeräte, Vorführgeräte in Kinos beeinträchtigen oder ihre Zuverlässigkeit herabsetzen. Der Artikel ist der Schätzung des Niveaus dieser Vibrationen und ihrem Vergleich in verschiedenen Standarten und von verschiedenen Vibrationsquellen gewidmet.

Jelínek, V.

Větrání budov a přívod vzduchu ke spotřebičům

Gas, Říčany u Prahy, 2005, A5, 200 s., 140 Kč

Publikace shromažďuje základní kritéria pro větrání budov, popisuje a vysvětluje principy jednotlivých způsobů. Autor uvádí návrhy a principy výpočtů s grafickým zobrazením průběhu tlaku. Dále se zabývá aplikacemi způsobů větrání při používání plynových spotřebičů v budově a současně uvádí jednoduché instruktivní příklady. Kniha je určena specialistům pro větrání, kteří zpracovávají návrhy plynových odběrních zařízení a odvodů spalin, dále energetickým auditorům, prováděcím firmám v oboru plynových odběrních zařízení a vzduchotechnice. Nepostradatelnou se může stát i pro instituce schvalující stavební profese s návazností na větrání budov, a samozřejmě studenti a učitele se zaměřením na technická zařízení budov. Užitečnou pomůckou bude při výpočtech větrání, návrzích opatření pro přívod spalovacího vzduchu a odvod spalin od spotřebičů. Současně bude instruktivním podkladem pro začínající odborníky v příslušných vzduchotechnických a návazných profesích.

www.gasinfo.cz

**Česká betonářská společnost ČSSI
ČBS Servis, s. r. o.**

pořádají

BETONÁŘSKÉ DNY 2005

30. listopadu – 1. prosince

Kongresové centrum ALDIS, Hradec Králové

Odbornou úrovní, rozsahem programu i bohatou společenskou stránkou si konference postupně buduje významné postavení mezi tuzemskými akcemi v oboru stavebnictví. Cílem dvanáctých Betonářských dnů bude seznámit účastníky s novinkami v oblasti navrhování i provádění betonových konstrukcí.

Program

- blok vyzvaných přednášek
- významné realizace
- nové projekty a navrhování
- výzkum a nové materiály
- technologie a provádění
- pohledový beton a speciální design betonu
- filmy s tematikou betonu a betonových staveb

Přednášky budou probíhat paralelně ve dvou sálech, ve třetím budou po loňském úspěchu opět promítány odborné filmy a počítačové prezentace, tentokrát nejen tuzemské proveniencie, ale i filmy o významných světových stavbách z betonu zapůjčené ze zahraničí. Součástí odborného programu bude již osvědčená sekce posterů a tradiční dvoudenní výstava.

www.cbz.cz

Za sucha lisované obkladové prvky z druhotných surovin

Ing. Radomír SOKOLÁŘ, Ph.D.
Ing. Lenka SMETANOVÁ
VUT – Fakulta stavební
Brno

Článek pojednává o výrobě keramických obkladových prvků lisovaných za sucha výhradně z druhotných surovin – hnědouhelného elektrárenského popílku a kamených odprašků z těžby amfibolitu. Optimální fyzikální mechanické vlastnosti vykazuje směs elektrárenského popílku a 10 % amfibolitických odprašků zpracovaná při teplotě výpalu 1 150 °C s dobou izotermické výdrže 20 minut.

Úvod

Výzkumu možností využití popílku jako suroviny je věnována stále větší pozornost nejen u nás, ale i v zahraničí, protože z ekologického i ekonomického hlediska jde o značnou zátěž (nutnost ukládání na skládky). Ověřují se možnosti jeho uplatnění jako plnohodnotné náhrady přírodních surovin při výrobě obkladových prvků:

- v Thajsku, s roční produkcí cca 2 mil. t, byla zkoumána možnost úplné náhrady plastických surovin pro výrobu cihel [1];
- ve Španělsku se ověřovalo využití pojiv pro lisování neplastických hmot se zaměřením na problémy se změnami vlhkosti a zajištění bezpečného odplynění střepe při lisování a snížení teplot výpalu [2];
- v Indii se zkoumala možnost výroby pórovitých cihelných dlaždic z popílku a mramorového prachu (lisování vzorků při 15 MPa) s přídavkem jílu. Předmětem bylo pět rozdílných směsí s 60 až 75 % (hmotnostních) mramorových prachů, 25 až 35 % popílku a 0 až 10 % jílu. Směsi bez jílu ukázaly relativně lepší charakteristické vlastnosti [3];
- směsné popílko-jílové pálené střepe pro výrobu keramických obkladových prvků byly laboratorně připravovány i v našich podmínkách [4].

Vlastnosti vstupních surovin

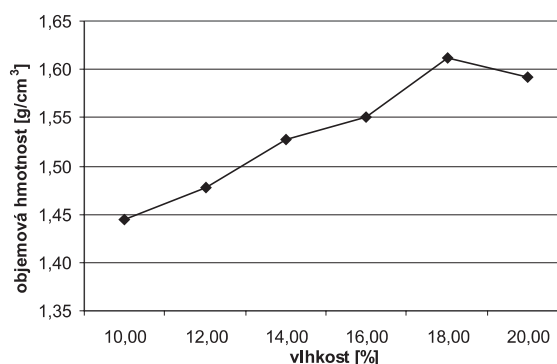
Základní surovinou pro výrobu lisovaných obkladových prvků byl vysokoteplotní popílek z Chvaletic (spalování

hnědého uhlí). Příznivá je přítomnost tavicích oxidů, které vytvářejí taveninu i při nižší teplotě, čímž přispívají ke snazšímu zhutnění střepe a snížení teploty výpalu. Odprašky z lomu Želešice jsou z mineralogického hlediska (rentgenová difrakční analýza) tvořeny především minerály amfibolitu (obecný amfibol, glaukofan, ferroaktinolit, cummingtonit) a menším množstvím jílových minerálů (kaolinit, chlorit). Z chemického složení lze usuzovat na dobrý tavicí účinek ve směsi, neboť obsahují velké množství alkálií a CaO, resp. MgO, jež lze zařadit mezi eutektická taviva. Také velké množství sloučenin železa dává předpoklad funkce odprašků jako taviva. Nutné je velmi citlivé dávkování, neboť při rychlém výpalu hrozí nebezpečí nadýmání střepe, zejména v redukčním prostředí (tab. 1).

Příprava vzorků

Suroviny lze charakterizovat jako neplastické, tj. zrna nevytvářejí vazby a nejsou schopna vytvořit plastické těsto. Požadovaného tvaru a zpevnění je proto u vzorků z popílku dosaženo zpracováním zavlhlé směsi – granulátu, jehož příprava spočívá v ovlhčení směsi a následném protlačení přes síto s oky Ø 1 mm. Pístové lisování výlisku (70 x 70 x 10 mm) probíhalo tlakem 35 MPa v ocelové formě. Hlavními činiteli při tomto způsobu zpracování jsou zrnitost, vlhkost směsi, lisovací tlak, doba lisování a odzdušnění.

Proctorovou zkouškou zhutnitelnosti zemin [5] byla stanovena optimální vlhkost pro vytváření vzorků lisováním 18 % hmotnostních vody, při níž dojde k maximálnímu zhutnění popílkového výlisku (obr. 1).



Obr. 1. Proctorova zkouška zhutnitelnosti popílkové směsi

Tab. 1. Chemické složení popílku a odprašků

Surovina	Chemické složení [%]										
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	TiO ₂	S	MnO	ZŽ
popílek	56,82	28,93	6,18	1,79	1,31	1,79	0,32	2,02	0,2	0,03	0,74
odprašky	47,7	3,55	10,74	9,77	8,87	2,13	1,16	–	–	–	–

V počáteční fázi se sledoval vliv velikosti částic popílku. Vzorky byly připraveny ze suroviny bez granulometrických úprav a ze suroviny domílané v kulovém mlýnu (zbytek na sítu s oky \varnothing 0,063 mm do 5 %). Byl prokázán vliv jemnosti zrn na fyzikálně mechanické vlastnosti. Další vzorky s přidavkem amfibolitických odprašků byly vytvořeny ze směsi popílků a odprašků domílaných a současně homogenizovaných v kulovém mlýnu (tab. 2).

Tab. 2. Směsi a jejich značení

Směs	Popílek	Zbytek na sítu (\varnothing 0,063 mm)	Lisovací vlhkost	Příměs
		[%]		
A	bez granulometrické úpravy	46,0	18	–
B	mletí	4,2		–
C	s přidavkem amfibolitických odprašků	5		10
D				15

Vzorky byly vypáleny v laboratorní elektrické peci za teploty odpovídající přibližně rychlovýpalu keramických obkladových prvků ve válečkové peci. Do 450 °C byl nárůst teploty 8 °C/min, v intervalu 450 až 600 °C stoupala rychlostí 4 °C/min, při 600 °C byla izotermická výdrž 15 minut, od 600 °C na vypalovací teplotu stoupala rychlostí 4 °C/min. Chlazení bylo samovolné.

Fyzikálně mechanické vlastnosti vypálených střepů

Vlastnosti páleného popílkového střepu byly stanoveny podle zkušební normy řady ČSN EN ISO 10545 [10], obkladových prvků lisovaných za sucha podle ČSN EN 14411 [11], viz tab. 3. Nasákavost, zdánlivá pórovitost a hustota byly zjišťovány sycením otevřených pórů varem, který se udržuje 2 hodiny, poté 4 hodiny 15 minut při teplotě místnosti chladnutí.

Tab. 3. Vlastnosti keramických obkladových prvků lisovaných za sucha

Vlastnosti	Ukazatel	Skupina B [11]				
		Ia	Ib	Ila	Ilb	III
nasákavost [%]	průměr	≤ 0,5	0,5 – 3	3 – 6	6 – 10	> 10
ČSN EN ISO 10545-3	jednotlivě	max. 0,6	max. 3,3	max. 6,5	max. 11	min. 9
pevnost v ohybu [MPa]	průměr	≥ 35	≥ 30	≥ 22	≥ 18	≥ 15
ČSN EN ISO 10545-4	jednotlivě	min. 32	min. 27	min. 20	min. 16	
lomové zatížení [N] (tl. 7,5 mm)	–	1 300	1 100	1 000	800	600
odolnost proti mrazu ČSN EN ISO 10545-12	–	ano	ano	přípustný zkušební postup		

Mrazuvzdornost byla z technických důvodů stanovena (místo 50 použito 100 cyklů) podle modifikované, dnes již neplatné ČSN EN 202 [12], která umožňuje lépe napodobit

vliv mrazu. Byly použity i nepřímé metody založené na vlastnostech pórovitého systému střepu (tab. 4):

- podle velikosti pórů (vysokotlaká rtuťová porozimetrie), kde je mrazuvzdornost definována jako faktor mrazuvzdornosti F ;
- saturační poměr T [6] stanoví poměr otevřených pórů nasycených vodou za atmosférického tlaku ($m_{n,u}$) a pórů nasycených ve vakuu 3 kPa ($m_{n,v}$). Menší hodnota znamená větší podíl nezaplněných pórů, které umožňují zmrzlé vodě se rozpínat bez poškození struktury střepu. U těchto výrobků lze předpokládat mrazuvzdornost ($T = 75$ znamená 25 % nezaplněných otevřených pórů).

Distribuce pórů, která mrazuvzdornost střepu podstatně ovlivňuje, se stanoví rtuťovým porozimetrem (Thermo Finnigan Pascal 140/240) jako objem pórů v rozsahu kapilár s průměrem $2,5 \cdot 10^{-8}$ až $5 \cdot 10^{-4}$ m. Pro stanovení nepřímé mrazuvzdornosti bylo vytvořeno několik teoretických modelů. Bentrup [7] a Friese [8] definovali limitní hodnoty pro střední poloměr pórů $r_{50\%}$ (medián poloměru pórů), Maage [9] definoval mrazuvzdornost podle faktoru

$$F = \frac{3,2}{PV} + 2,4 P_3, \quad (1)$$

kde PV je celkový objem pórů [$\text{m}^3 \cdot \text{g}^{-1}$] a P_3 podíl pórů o průměru $> 3 \cdot 10^{-6}$ m z PV [%].

Tab. 4. Nepřímé posuzování mrazuvzdornosti

Mrazuvzdornost	Friese, Bentrup – $r_{50\%}$ [mm]		Faktor F	Saturační poměr T
	1 stanovení	průměr ze 3 měření		
ano	> 1	> 1,65	> 70	do 0,75
nejistá	–	$0,60 < r_{50\%} < 1,65$	50 až 70	0,75 až 0,85
ne	< 1	< 0,60	< 55	více než 0,85

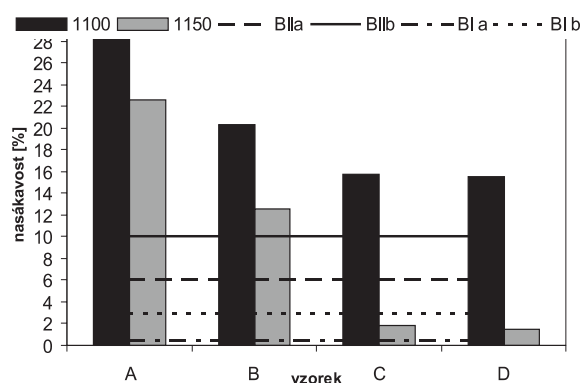
Diskuze výsledků

Vlastnosti vypáleného střepu ovlivňuje i granulometrie surovinové směsi. Zvýšením měrného povrchu popílku (z původního zbytku na sítu s oky \varnothing 0,063 mm 46 na 5 %) klesla nasákavost střepu o 7,9 % (při 1 100 °C), resp. 10 % (při 1 150 °C). Analogicky vzrostla ohybová pevnost střepu. Proto byla dále surovina za sucha upravována domíláním (vzorky C a D) v laboratorním kulovém mlýnu (zbytek na sítu s oky \varnothing 0,063 mm do 5 %), kde současně proběhla i homogenizace s amfibolitickými odpraškami.

Z praktického hlediska je pro výrobu keramických obkladových prvků nutná vypalovací teplota vyšší než 1 100 °C. Při teplotě 1 150 °C, kdy již dochází k velmi intenzivnímu slinování střepu (tab. 5), je možnost výroby pórovitých obkladaček skupiny BIII z čistě popílkové surovinové směsi. Přidavkem 10 % amfibolitických odprašků se již vypálený střep dostává do oblasti keramických dlaždic skupiny BIIb. Pokles zdánlivé hustoty a růst vypalovací teploty svědčí o vzniku uzavřené pórovitosti vlivem slinovacího procesu.

Tab. 5. Vlastnosti vypáleného střepu

Směs	Teplota výpalu	Pevnost v ohybu	Nasákavost	Smrštění pálením	Zdánlivá pórovitost	Zdánlivá hustota	Objemová hmotnost
	[°C]	[MPa]	[%]			[kg.m ⁻³]	
A	1 100	4,8	28,5	5,9	39,6	2 305	1 395
B		13,9	20,4	9,4	34,1	2 540	1 675
C		20,1	15,7	9,7	41,9	2 680	1 890
D		22,1	15,5	9,1	40,7	2 620	1 860
A	1 150	5,3	22,6	0,1	34,5	2 330	1 530
B		19,6	12,6	13,3	24,0	2 525	1 920
C		54,1	1,8	16,5	4,5	2 490	2 380
D		47,3	1,5	16,4	3,9	2 590	2 490



Obr. 2. Nasákavost vypálených střepů v závislosti na teplotě výpalu a složení směsi

Při teplotě výpalu 1 100 °C se přidavek amfibolitických odprašků významně neprojevuje, naopak teplota 1 150 °C a nejvyšší dávkování amfibolitických odprašků znamená nebezpečí nadýmání střepu při zvoleném režimu výpalu.

Velmi výhodná distribuce popílkového střepu je příčinou jeho vysoké mrazuvzdornosti i při vysoké nasákavosti (obr. 2). Již nepřímé stanovení na základě dostupných modelů tento předpoklad dávalo. Přidavek odprašků mírně zhoršuje distribuci pórů ve vztahu k mrazuvzdornosti, ale rapidní pokles nasákavosti střepu je zárukou odolnosti proti cyklickému působení mrazu (tab. 5).

Závěr

Elektrárenský popílek je po zdrobnění na zbytek na sítu s oky \varnothing 0,063 mm do 5 % vhodnou surovinou pro výrobu mrazuvzdorných keramických obkladových prvků (tab. 6). Přidavkem taviva – odpadních amfibolitických odprašků –

Tab. 6. Mrazuvzdornost vypálených střepů

Směs	Mrazuvzdornost				
	vypalovací teplota [°C]	ČSN EN 202 [cykly]	DIN 52251-3	F [-]	r _{50%} [μm]
C	1 150	100	0,74	103	1,23
B	1 100	100	0,69	192	1,66
	1 150	100	0,71	134	1,74

lze dosáhnout podstatného snížení vypalovacích teplot, resp. rapidního snížení nasákavosti střepu při teplotách výpalu vyšších než 1 100 °C. Vhodnou kombinací teploty výpalu a dávkování amfibolitických odprašků, aby nedocházelo k nadýmání střepu při rychlovýpalu, lze dosáhnout různé kvality střepu – od interiérových pórovitých obkladaček skupiny BIII až po slinuté dlaždice skupiny BI podle požadavků normy [11].

Článek byl zpracován za podpory projektů č. 103/05/H044 GA ČR „Stimulace vědeckého rozvoje doktorandů na oboru stavebně materiálové inženýrství“ a č. 0021630511 VVZ MSM „Progressivní stavební materiály s využitím druhotných surovin a jejich vliv na životnost konstrukcí“.

Literatura

- [1] Pimraks, K. a kol.: A New Approach to the Production of Bricks Made of 100% Fly Ash. *Tile and Brick Int.* 2000, Vol. 16, No. 6, pp. 423–433.
- [2] García, A. a kol.: Use of Binders for Pressing Non-Plastic Materials. *Brick and Tile Int.* 2003, Vol. 19, No. 1, pp. 12–19.
- [3] Sarkar, R. – Das, S. K.: Porous Ceramic Tiles from Industrial Solid Wastes. *Brick and Tile Int.* 2003, Vol. 19, No. 1, pp. 24–27.
- [4] Srbek, F.: Možnosti využívání elektrárenských popílků III – Popílek jako základní surovina pro výrobu glazovaných dlaždic a obkladaček. *Stavivo*, 60, 1982, č. 9, s. 332–336.
- [5] Sokolář, R.: Technologie výroby obkladových prvků na bázi elektrárenského popílku. *Silika*, 2004, č. 1/2, s. 11–16.
- [6] DIN 52251 – Teil 3, Indirekte Prüfverfahren zur Prüfung der Frostwiderstandsfähigkeit von Dachziegel. *Deutsches Institut für Normung e.V.*, 1987.
- [7] Bentrup, H. – Franke L.: Berteilung der Frostwiderstandsfähigkeit im Hinblick auf lange Lebensdauer. *Ziegelindustrie International*, 1993, No. 7/8, pp. 483–492.
- [8] Friese, P.: Predictions of the Frost Resistance of Bricks. *Brick Tile Ind. Int.*, 1995, No. 12, pp. 952–963.
- [9] Maage, M.: Frost Resistance and Pore Size Distribution of Bricks 1–2. *Ziegelindustrie International*, 1990, No. 9, pp. 472–481; No. 10, pp. 582–588.
- [10] ČSN EN ISO 10545 -3. Keramické obkladové prvky – Část 3: Stanovení nasákavosti, zdánlivé pórovitosti, zdánlivé hustoty a objemové hmotnosti. ČSN, 1998.
- [11] ČSN EN 14411 Keramické obkladové prvky – Definice, klasifikace, charakteristiky a označování. ČSN, 2004.
- [12] ČSN EN 202 Keramické obkladové prvky – Stanovení odolnosti proti vlivu mrazu. ČSN, 1994.

Sokolář, R. – Smetanová, L.: Dry Pressed Ceramic Tiles from Waste Raw Materials

This paper is aimed to evaluate and propose the possibility of dry pressed ceramic tiles production by means of exclusive use of raw mixture based on fly ash. Hornblende dust which originates during mining and crushing of hornblende aggregate in the Želešice quarry and fly ash from lignite were exploited. Optimal physical-tensile properties (CSN EN 14411) were achieved by 10 % admixture of hornblende dust with fly ash at the firing temperature of 1,150 °C and soaking time 20 minut.

Sokolář, R. – Smetanová, L.: Trocken gepresste Bekleidungs-elemente aus Sekundärrohstoffen

Der Artikel behandelt die Herstellung ausschließlich aus Sekundärrohstoffen – Braunkohlen-Kraftwerksasche und Steinstaubabfällen von der Hornblendegewinnung hergestellter trocken gepresster keramischer Bekleidungs-elemente. Optimale physikalisch-mechanische Eigenschaften weist ein Gemisch von Kraftwerksasche und 10 % Hornblendestaubabfällen verarbeitet bei einer Brenntemperatur von 1 150 °C mit einer isothermischen Haltedauer von 20 Minuten auf.

●recenze

Juríček, J. – Bajza, A. – Cesnak, J.

Konstrukcie budov z monolitického betónu

Vydavateľstvo Eurostav, Bratislava, 2005, A4, 156 s., 399 Sk

Shora uvedené slovenské vydavateľstvá uvedlo v březnu na trh zajímavou knihu autorů ze Stavební fakulty STU v Bratislavě. Publikace navazuje na výrazný posun ve zprůmyslnění stavby těchto budov, ke kterému u nás došlo po roce 1990. Na rozdíl od většiny dosud vydaných prací je tato publikace zaměřena na prezentaci poznatků nezbytných zejména pro úspěšnou realizaci budov z monolitického betonu. Zabývá se složkami, výrobou a zpracováním čerstvého betonu, přípravou a ukládáním výztuže, moderními způsoby bednění a odbedňování konstrukcí, základními konstrukčními prvky budov ze železobetonu, pracovním lešením a stavebními stroji a mechanismy užívanými při výstavbě takových budov. Uvádí dále i stanovy Slovenské asociace výrobců transportbetonu, prezentaci významných budov z monolitického betonu a registr vhodných realizačních firem a dodavatelů.

Kniha, vyznačující se bohatou fotodokumentací a kvalitou tisku, je užitečným pomocníkem zejména odborníkům zabývajícím se výstavbou objektů ze železobetonu, vhodným doplňkem znalostí projektantů a statiků a vítanou učebnicí pro studenty vysokých a odborných stavebních škol. Svým obsahem a skladbou informací dobře poslouží i investorům a marketingovým pracovníkům.

prof. Ing. František Musil, CSc.

●zprávy

Jaký bude žižkovský Central Park?



Nový rezidenční areál, jehož inspirací je Hyde Park v Londýně či Central Park v New Yorku, vzniká v nevyužitě proluce městského vnitrobloku pražského Žižkova v blízkosti parku Parukářka. Do léta 2006 zde na ploše 8 ha vyroste první část komplexu Central

Park Praha, jenž významně přispěje ke zviditelnění celé městské části. Součástí bude sportovně relaxační centrum, několik tenisových kurtů, golfový driving range, sportovní hala pro TJ Sokol Žižkov a síť pěších a cyklistických stezek. Investiční náklady na realizaci první etapy výstavby, kterou spolufinancuje HVB Bank Czech Republic, se odhadují na 800 mil. Kč.

Kvalitní architektura autorů Wertiga, Redčenkova a Tomáška z ateliéru A69, zahrnující atraktivní exteriéry a inovativně řešené interiéry s důrazem na vysoký uživatelský standard, se v návrhu pojí s ekologickou šetrností a energetickou úsporností jednotlivých budov. Central Park Praha svou zelenou architekturou dotváří a přirozeně prodlužuje linii vrchu Parukářka. Ozelenění šikmých stěn a střech jednotlivých objektů výrazně zpříjemní kvalitu mikroklimatu v dané lokalitě. Bude přirozeným způsobem kontrolovat vlhkost a celkově změkčí akustiku prostředí. Kompozice celého areálu vytváří bezpečné prostředí, které nabízí mnoho variant bydlení. Téměř všechny byty mají výhled na Parukářku. Vyšší patra nabídnou panoramatický výhled na Staré Město a dominantu Pražského hradu.



Generálním dodavatelem stavby je Divize Pozemní stavitelství Čechy společnosti Skanska CZ, developerem CPP Development, která je dceřinou společností holandské investiční skupiny Jaccor BV.

Tisková informace

Holubová, V. a kol.

Nový akademický slovník cizích slov A–Ž

Academia, Praha, 2005, 880 s., 495 Kč

Přepřepávané vydání přináší více než 100 tisíc výrazů, pojmů, termínů, slovních spojení cizího původu a slov přejatých ze všech oborů lidské činnosti.

www.academia.cz

Napätosť vystuženého betónového prvku pri zvýšených teplotách

Ing. Slávka ŠIMKOVÁ
 doc. Ing. Sergej PRIGANC, CSc.
 TU – Stavebná fakulta, Košice
 prof. Ing. Ladislav FECKO, CSc.
 Bratislava

V príspevku je prezentovaná časť výsledkov skúšok v oblasti teplôt do 100 °C, t. j. vplyvu zvýšených teplôt na napätosť a pretvorenie skúšobných vzoriek. Skúšky sa realizovali na sérii nevystužených a symetricky vystužených vzoriek – trámoch. V analýze výsledkov je venovaná pozornosť hľadaniu funkcie, ktorou sa aproximovali hodnoty modulov pružnosti a pretvorenia nevystužených vzoriek získaných z experimentov. Uvedené aproximačné funkcie boli použité pri odvodení matematických vzťahov na výpočet výsledných pretvorení a ťahových napätí v betóne vystužených vzoriek v závislosti na teplote a stupni vystuženia.

Úvod

Zvýšená teplota môže byť významným zaťažovacím stavom železobetónového nosného prvku, a to nielen pre statický celok, ak sa bráni voľnej dilatácii jeho prvkov, ale aj pre prierez, keďže dnes sa už v normách uvažujú odlišné hodnoty súčiniteľa teplotnej rozťažnosti pre oceľ a betón. V dôsledku toho môže vzniknúť aj v staticky určitom prvku napätosť, ktorú treba pri jeho posudzovaní uvažovať.

V mnohých prevádzkach môže teplota aspoň časti betónovej konštrukcie dosiahnuť teploty až do 100 °C, čo normy považujú za zvýšenú teplotu a platia pre ňu osobitné úkony pri statickom posudzovaní. Ešte dôležitejšie pre nosnú konštrukciu je posudzovanie napätosti, ak ide o zvýšenú teplotu nad 100 °C, resp. vysokú teplotu, čo je hodnota nad 250 °C.

V rámci národného programu VEGA [1] sa na Katedre železobetónových konštrukcií Stavebnej fakulty TU v Košiciach riešila problematika vplyvu teploty na železobetónové prvky. V predkladanom príspevku je prezentovaná tá časť výsledkov laboratórnych skúšok, uskutočnených v Laboratórnom centre SvF TU v Košiciach, ktorá sa týka oblasti teplôt do 100 °C, t. j. vplyvu zvýšených teplôt na napätosť a pretvorenie skúšobných vzoriek.

Musíme však upozorniť, že sa tu zaoberáme problémom napätosti iba v pozdĺžnom smere. Ten je totiž dôležitejší, lebo pozdĺžne napätia sa sčítajú s napätiami od zaťaženia pôsobiacich na nosný prvok. V priečnom smere vznikajú tiež napätia spôsobené rozdielnymi teplotnými dilatáciami betónu a ocele a môžu dosiahnuť nezanedbateľné hodnoty. Ich vplyv je nebezpečný z hľadiska štiepných účinkov na betónovú kryciu vrstvu, ale nebol priamo sledovaný na našich skúšobných vzorkách. Závislosti modulu pružnosti betónu E_b a súčiniteľa jeho teplotnej rozťažnosti α_b od teploty T získané v rámci programu skúšok však sú významným vstupom do teoretického výpočtu napätosti, na ktorom sa pracuje, a získané poznatky budú podkladom pre ďalší príspevok.

Program skúšok

Hlavnými skúšobnými telesami boli hranoly s rozmermi 100 x 100 x 400 mm, k tomu sa pridružili štandardné skúšky na stanovenie statických charakteristík betónu. Vplyv teploty sa skúšal na 16 hranoloch rozdelených do skupín:

- 4 nevystužené hranoly,
- 4 vystužené hranoly so stupňom vystuženia $\mu = 1,13 \%$ (4 prúty d_s , 6 mm v rohoch),
- 4 vystužené hranoly so stupňom vystuženia $\mu = 2,01 \%$ (4 prúty d_s , 8 mm v rohoch),
- 4 vystužené hranoly so stupňom vystuženia $\mu = 2,80 \%$ (4 prúty d_s , 8 mm v rohoch a jeden d_s , 10 mm v strede).

Výstuž bola z ocele 10 425 (V). Po 28 dňoch ošetrovania dosiahol betón na kockách s hranou 150 mm priemernú kockovú pevnosť 54 MPa. Zloženie betónu a ošetrovanie vzoriek bolo rovnaké ako v ostatných častiach výskumného programu, a preto sa mohli skúšky mechanických vlastností zatvrdnutého betónu robiť tu v zmenšom rozsahu.



Obr. 1. Pohľad na spôsob merania vzoriek a klimatizačnú komoru Feutron

Metodika skúšok

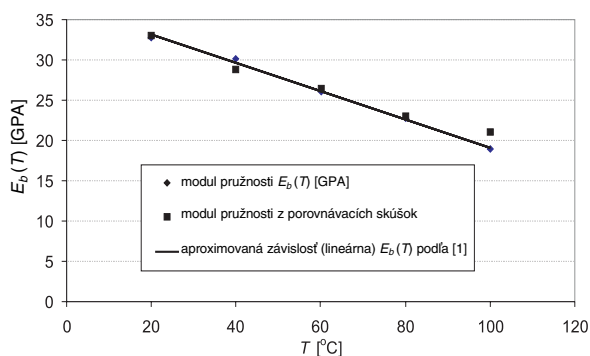
Vzorky po vyrobení boli uložené po dobu 30 dní v klimatizovanom prostredí pri teplote 20 °C a 85–95 % relatívnej vlhkosti. Počas tohto obdobia sme merali Huggenbergerovým príložným deformometrom základne na skúšobných telesách, ich dĺžkové zmeny spôsobené zmrašťovaním betónu. Získané časové priebehy zmrašťovania boli iba vedľajším produktom skúšok a mohli byť užitočné pri sledovaní vplyvu teploty na objemové zmeny betónu.

K skúškam vplyvu teploty na betón sa použila klimatizačná jednotka FEUTRON, ktorá umožňuje riadený ohrev i ochladzovanie, ale aj nastavenie a udržiavanie relatívnej vlhkosti v rozpätí 5 až 95 %. Hornou hranicou využiteľnej teploty v zariadení je 100 °C. Teplotné zaťaženie, pri ktorom sa vykonali merania dĺžkových zmien merných základní, sa volilo na hladine 20, 40, 60, 80 a 100 °C. Priebeh teploty bol na každom z týchto stupňov podobný a pozostával z plynulého zvyšovania o 20 °C trvajúceho 1 hodinu, potom sa po dobu 24 hodín udržiavala konštantná teplota a na konci tejto doby prebehlo odčítanie prístrojov registrujúcich dĺžkové zmeny základní na vzorkách (obr. 1).

Aby sme mohli predpovedať procesy prebiehajúce v železobetónovom prvku, potrebujeme poznať vstupné funkcie. Oceľ v nami sledovanej oblasti teplôt má konštantné vlastnosti uvedené v literatúre (normách ap.), u betónu potrebujeme poznať minimálne závislosť modulu pružnosti a pomerneho predĺženia od teploty.

Závislosť modulu pružnosti od teploty

K úvahám o napatosti skúšaných vzoriek odvodených z nameraných dĺžkových zmien základní je potrebné poznať hodnoty modulu pružnosti pri aktuálnych teplotách. Zo skúšok vykonaných v rámci výskumného projektu [1] na betóne s rôznou teplotou sa mohla odvodiť závislosť modulu pružnosti od teploty. Merania sa vykonávali pri teplotách 20, 40, 60, 80 a 100 °C.



Obr. 2. Hodnoty modulu pružnosti betónu na jednotlivých teplotných stupňoch a ich aproximovaný priebeh

Pre tu predkladané experimenty sa robili už len kontrolné zisťovania modulu E_b na malom počte vzoriek, ktorými sa malo potvrdiť, že betón počas celého riešenia výskumnej úlohy má konštantné vlastnosti a že sa môžu výsledky z čiastkových úloh vzájomne v prípade potreby prepožičiavať. Výsledky sú znázornené na obr. 2. Sú tam vyznačené priemerné hodnoty modulov pružnosti E_b pri jednotlivých teplotách T [1], ako aj z kontrolných meraní, a vynesená je aj aproximovaná funkcia za obe skupiny výsledkov, pričom za plne uspokojujúce sme považovali lineárny priebeh. Získaný vzťah

$$E_b(T) = -0,175 T + 36,64 \text{ [GPa], } [^\circ\text{C}]. \quad (1)$$

Je vidieť, že pokles modulu pružnosti je výrazný, pri 100 °C klesá skoro na polovicu.

Pomerné pretvorenia betónu spôsobené teplotou

Celkové dĺžkové pretvorenie betónu, vyvolané zvýšením teploty, teoreticky pozostáva z troch zložiek:

- teplotné dilatácie,
- teplotného zmrašťovania,
- v prípade, že vznikajú v betóne napätia (napr. bránením voľnej dilatácie), aj dotvarovania.

V tomto príspevku sa venujeme prvým dvom zložkám, ktoré pri skúškach vznikali a boli reálne namerateľné.

Poznatky známe z fyziky tu potrebujeme doplniť o skutočnosť, že súčiniteľ teplotnej rozťažnosti nie je u betónu konštantou, ale funkciou závislou od výšky teploty. Zmrašťovanie tu musíme chápať v širšom zmysle. Teplotné zmrašťovanie je jav, kedy sa betón skraca v dôsledku vyparovania vody z pórov urýchleného zvýšenou teplotou. Pri teplotách nad 100 °C dochádza k úplnému vysušeniu vzorky, po jeho ukončení zmrašťovanie už neexistuje a nastupujú iné vnútromateriálové procesy, ktoré sa síce prejavujú podobne ako klasické zmrašťovanie, ale majú inú fyzikálnu podstatu. Pri zvýšených teplotách sa urýchľuje vyparovanie, čo sa prejavuje ako urýchlené zmrašťovanie. Prebieha nie dni, mesiace, roky, ale niekoľko hodín, a jeho veľkosť závisí od obsahu vody v póroch betónu.

V skúškach sme však merali súčet oboch prvých zložiek pretvorenia. Čistú teplotnú dilatáciu by sme mohli zistiť iba na dokonale vysušených vzorkách, kde by zmrašťovací proces bol anulovaný, to by však chcelo rozšíriť program o ďalšie náročné skúšky. Výskumný grant bol ale zameraný na stavy po predpokladaných haváriách (požiaroch), kde vystupujú obe menované zložky súčasne, a preto sme sa uspokojili s meraním súčtu oboch týchto zložiek. Matematicky to môžeme vyjadriť vzťahom

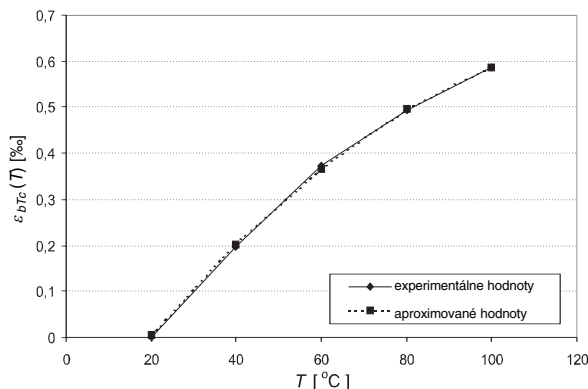
$$\varepsilon_{bTc}(T) = \varepsilon_{bTr}(T) + \varepsilon_{bTz}(T), \quad (2)$$

kde $\varepsilon_{bTr}(T)$ je zložka pomerneho dĺžkového pretvorenia betónu definovaná ako rozťažnosť;

$\varepsilon_{bTz}(T)$ – zložka pomerneho dĺžkového pretvorenia betónu definovaná ako teplotné zmrašťovanie;

$\varepsilon_{bTc}(T)$ – celkové pomerne dĺžkové pretvorenie betónu spôsobené zvýšenou teplotou, t. j. súčet oboch hodnôt,

Na vzorkách sa príložným deformometrom merali zmeny dĺžok základní na dvoch pozdĺžnych protifaľných stenách hranola a z nich sa získala priemerná hodnota pre vzorku. Prímer zo všetkých štyroch vzoriek skupiny na jednotlivých hladinách teploty je vynesovaný na obr. 3 a sú tam aj dve



Obr. 3. Experimentálne a aproximované celkové pomerne dĺžkové pretvorenia $\varepsilon_{bTc}(T)$ nevysušených vzoriek

čiaru – lomená, spájajúca tieto experimentálne hodnoty, a parabola 2°, aproximujúca tieto experimentálne údaje. Z obrázku je vidieť veľmi dobrú zhodu aproximovaného priebehu s nameranými hodnotami. Pri východiskovej teplote $T = 20\text{ °C}$ je rovnica tejto paraboly

$$\varepsilon_{bTc}(T) = -0,046\,427 \cdot 10^{-6} T^2 + 12,9313 \cdot 10^{-6} T - 2,41397 \cdot 10^{-4}. \quad (3)$$

Súčiniteľ celkového teplotného dĺžkového pretvorenia betónu

Z lineárneho vzťahu známeho z fyziky pre betón

$$\Delta\varepsilon_{bT} = \alpha_{bT} \cdot \Delta T, \quad (4)$$

$$\text{resp.} \quad \alpha_{bT} = \Delta\varepsilon_{bT} / \Delta T, \quad (5)$$

kde α_{bT} , ε_{bT} a T sú známe veličiny – súčiniteľ teplotnej rozťažnosti betónu, pomerné predĺženie a teplota.

Ak je súčiniteľ α funkciou teploty, jeho hodnota na hladine T je definovaná

$$\alpha_{bT}(T) = d\varepsilon_{bT}(T)/dT, \quad (6)$$

resp. jeho sečnicová hodnota pri prechode z teploty T_1 na T_2 je daná odpovedajúcim vzťahom

$$\alpha_{bT}(T_1, T_2) = [\varepsilon_{bT}(T_2) - \varepsilon_{bT}(T_1)] / (T_2 - T_1). \quad (7)$$

Pre celkové pomerné dĺžkové pretvorenie platia analogické vzťahy, treba iba pri α a ε dosadiť označenia s indexami b , T , c .

V našich experimentoch sme merali pomerné pretvorenia od teplotnej rozťažnosti a teplotného zmršťovania spolu, t. j. merali sme ε_{bT} . Zo získaného vzťahu (3) môžeme deriváciou podľa teploty získať dotyčnicový súčiniteľ celkového teplotného dĺžkového pretvorenia

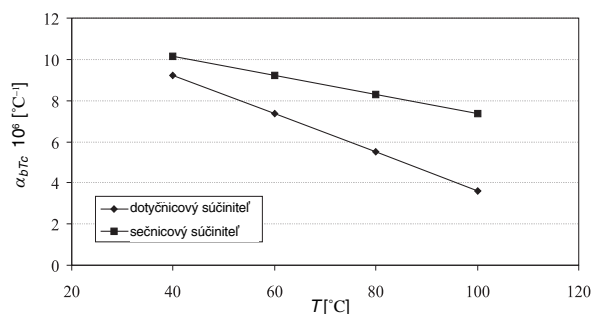
$$\alpha_{bTc}(T) = d\varepsilon_{bT}/dT = -0,092\,85 \cdot 10^{-6} T + 12,93 \cdot 10^{-6}. \quad (8)$$

Táto rovnica je odvodená z intervalu teplôt 20 až 100 °C, jej použitie mimo týchto hraníc nemusí byť spoľahlivé.

Pre praktické výpočty je výhodné zaviesť aj sečnicový súčiniteľ celkovej teplotnej rozťažnosti betónu, ktorý si odvodíme nasledovne:

$$\begin{aligned} \alpha_{bTc}(T_1, T_2) &= \frac{\varepsilon_{bTc}(T_2) - \varepsilon_{bTc}(T_1)}{\Delta T} = \frac{\int_{T_1}^{T_2} \alpha_{bTc}(T) dT}{T_2 - T_1} = \\ &= \frac{1}{T_2 - T_1} \cdot \int_{T_1}^{T_2} (a \cdot T + b) \cdot dT = \frac{1}{T_2 - T_1} \left[\frac{a \cdot T^2}{2} + b \cdot T + C \right]_{T_1}^{T_2} = \\ &= \frac{1}{T_2 - T_1} \left[\frac{a \cdot (T_2^2 - T_1^2)}{2} + b \cdot (T_2 - T_1) \right] = a \cdot \frac{(T_2 + T_1)}{2} + b = a \cdot T_p + b, \end{aligned} \quad (9)$$

kde sme priemernú hodnotu hraníc intervalu T_1 a T_2 označili ako T_p . Z toho vyplýva, že sečnicová hodnota súčiniteľa α_{bTc} je rovná hodnote súčiniteľa v strede intervalu, čo platí len ak je závislosť teplotnej rozťažnosti definovaná parabolou druhého stupňa. Priebehy dotyčnicového súčiniteľa ako aj sečnicového pre východziu hodnotu teploty 20 °C sú uvedené na obr. 4.



Obr. 4. Dotyčnicový a sečnicový súčiniteľ celkového dĺžkového pretvorenia

Pretvorenie vystužených betónových prvkov

Pri odvodení matematického vzťahu na výpočet výsledných pretvorení vystužených prvkov v závislosti od teploty a stupňa vystuženia sme vychádzali z pružného stavu a predpokladu dokonalej súdržnosti medzi betónom a výstužou. Zanedbali sme vplyv dotvarovania betónu od vyvolaných napätí, ako aj relaxáciu. Modul pružnosti betónu a jeho súčiniteľ teplotnej rozťažnosti sme považovali za závislé od teploty T .

Rozdiel týchto pomerných predĺžení je v neporušenom prvku, kde predpokladáme platnosť Navierovej hypotézy, anulovaný silovým pôsobením na výstuž i betón. Pri zvýšení teploty o dT vzniká sila dN , ktorá v betóne vyvoláva taký ťah, v oceli tlak, aby vzniknuté pretvorenia odpovedali dokonalému spojeniu betónu a ocele – neporušenej súdržnosti. Ak ďalej označíme nové veličiny:

$d\varepsilon_{bN}$, $d\varepsilon_{sN}$	diferenciálny prírastok pretvorenia betónu, resp. ocele, od sily dN ,
α_s	súčiniteľ teplotnej rozťažnosti ocele,
$d\varepsilon_{sT}$	diferenciálny prírastok pomernej teplotnej rozťažnosti ocele pri zvýšení teploty o dT ,
A_b , A_s	prierezové plochy betónu a ocele,
E_s	modul pružnosti ocele,
$n(T) = E_s/E_b(T)$	(pracovný súčiniteľ ocele),
$\mu = A_s/A_b$	stupeň vystuženia prierezu,
$d\sigma_{bT}$, $d\sigma_{sT}$	diferenciálne prírastky napätí v betóne a oceli pri zvýšení teploty o dT ,
$d\varepsilon_{bT}$, $d\varepsilon_{sT}$	odpovedajúce diferenciálne prírastky pomerných pretvorení betónu a ocele,

geometrickú podmienku vyjadruje vzťah

$$d\varepsilon_{bTc} + d\varepsilon_{bN} = d\varepsilon_{sT} + d\varepsilon_{sN}, \quad (10)$$

$$dT \cdot \alpha_{bTc}(T) \frac{dN}{A_b \cdot E_b(T)} = dT \cdot \alpha_s - \frac{dN}{A_s \cdot E_s},$$

z čoho po úprave vyplýva veľkosť sily

$$dN = dT \cdot [\alpha_s - \alpha_{bTc}(T)] \cdot \frac{A_s \cdot E_s}{\mu \cdot n(T) + 1}. \quad (11)$$

Napätia od sily dN v betóne a oceli

$$d\sigma_b = dT \cdot [\alpha_s - \alpha_{bTc}(T)] \cdot \frac{A_s \cdot E_s}{\mu \cdot n(T) + 1}. \quad (12a)$$

$$d\sigma_s = dT \cdot [\alpha_s - \alpha_{bTc}(T)] \cdot \frac{E_s}{\mu \cdot n(T) + 1}. \quad (12b)$$

a pomerné pretvorenia

$$d\varepsilon_{bN} = dT \cdot [\alpha_s - \alpha_{bTc}(T)] \cdot \frac{\mu \cdot n(T)}{\mu \cdot n(T) + 1}, \quad (13a)$$

$$d\varepsilon_{sN} = dT \cdot [\alpha_s - \alpha_{bTc}(T)] \cdot \frac{1}{\mu \cdot n(T) + 1}. \quad (13a)$$

Prírastok pomerného pretvorenia železobetónového prvku pri zvýšení teploty o dT je nakoniec

$$d\varepsilon_k = dT \left\{ \alpha_{bTc}(T) + [\alpha_s - \alpha_{bTc}(T)] \cdot \frac{\mu \cdot n(T)}{\mu \cdot n(T) + 1} \right\}. \quad (14)$$

Výsledné pretvorenie prvku pri ohriatí z teploty T₁ na T₂ je potom dané integrálom

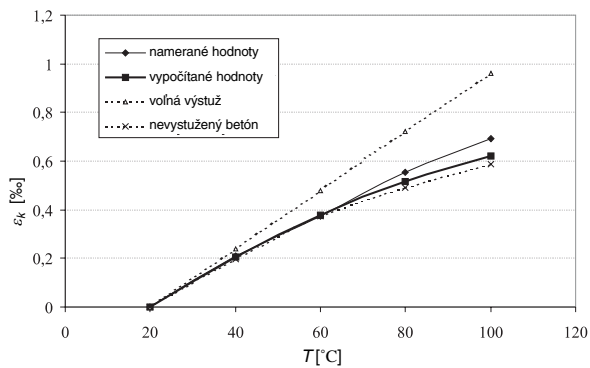
$$\varepsilon_k(T_1, T_2) = \int_{T_1}^{T_2} \left\{ \alpha_{bTc}(T) + [\alpha_s - \alpha_{bTc}(T)] \cdot \frac{\mu \cdot n(T)}{\mu \cdot n(T) + 1} \right\} \cdot dT. \quad (15)$$

V našich experimentoch sme vyrovnávacím počtom zistili pre závislosť modulu pružnosti od teploty E_b(T) v tvare lineárnej funkcie (1) a súčiniteľa celkovej teplotnej rozťažnosti α_{bTc}(T) v tvare lineárnej funkcie (8), pozri tiež obr. 2. a obr. 4.

Pre oceľ sme obe materiálové charakteristiky považovali v rozsahu nami sledovaných teplôt za konštantné a volili sme ich podľa normy hodnotami E_s = 210 GPa a α_s = 12 · 10⁻⁶.

Voľné teplotné dilatácie betónu a ocele (obr. 5)

$$d\varepsilon_{bTc}(T) = \alpha_{bTc}(T) \cdot dT = (a \cdot T + b) \cdot dT, \quad (16)$$



Obr. 5. Namerané a vypočítané celkové pomerné dĺžkové pretvorenia vzoriek, stupeň vystuženia 1,13 %

z našich experimentov je a = -0,092 85 · 10⁻⁶, b = 12,93 · 10⁻⁶,

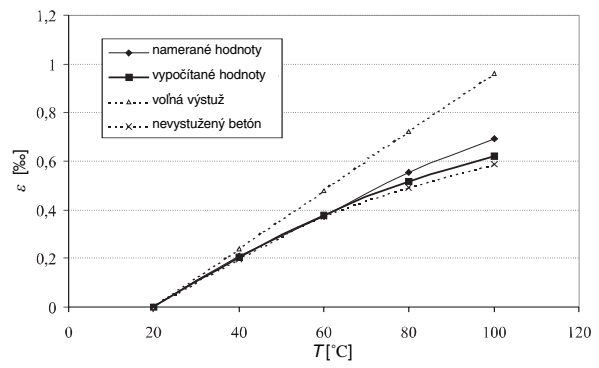
$$\text{pre výstuž} \quad \varepsilon_{sT} = \alpha_s \cdot dT. \quad (17)$$

Použitím týchto funkcií v integráli môžeme dostať očakávané pretvorenie sledovaného vystuženého prvku a porovnať s hodnotami získanými priamymi meraniami na prvku. To sme aj urobili a výsledky sú vynesené v obr. 5 až obr. 7.

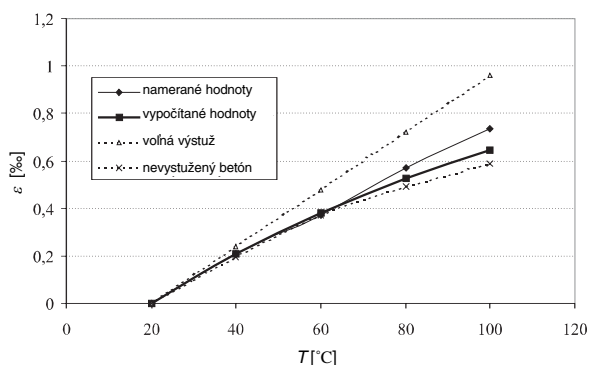
Z priebehov je vidieť, že do 60 °C sú hodnoty pomerných dĺžkových pretvorení získané z experimentu a teoretické – vypočítané podľa rovnice (15) prakticky zhodné, a to pre každý stupeň vystuženia prierezu. Nad touto teplotou sa rozdiel medzi experimentálnymi a teoretickými hodnotami zväčšuje a je tým väčší, čím je teplota i stupeň vystuženia väčší. Hlavnou príčinou týchto rozdielov je stav v mikroštruktúre betónu (mikrotrhliny) narušenej významnými ťahovými napätiami. V teoretickom výpočte sme zanedbali splastizovanie betónu pri vyšších teplotách. Presnejšia teória by mala zohľadňovať skutočný pracovný diagram betónu v ťahu, ktorý má podobný priebeh ako v tlaku, t. j. pri vyšších napätiach dochádza k splastizovaniu a má aj klesajúcu vetvu.

Ťahové napätia v betóne

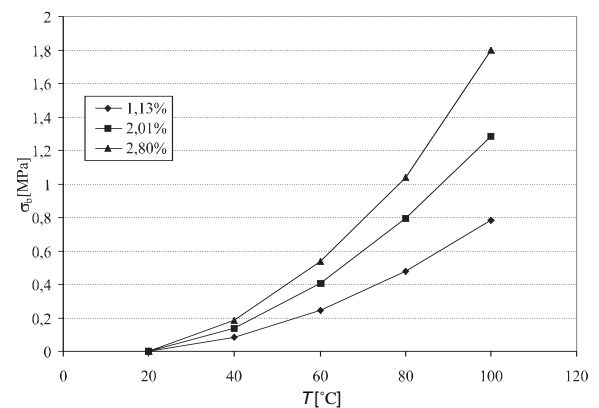
Vplyvom nerovnakého pretvárania sa betónu a ocele pri zvyšovaní teploty vznikajú v železobetónovom prvku napätia, a to ťahové v betóne a tlakové vo výstuži. Napätie vo výstuži určuje z rozdielu medzi voľným predĺžením ocele a predĺžením železobetónového prvku, vzťahy platia tak pre experimenty, ako aj pre akekoľvek teoretické výpočty:



Obr. 7. Namerané a vypočítané celkové pomerné dĺžkové pretvorenia vzoriek, stupeň vystuženia 2,80 %



Obr. 6. Namerané a vypočítané celkové pomerné dĺžkové pretvorenia vzoriek, stupeň vystuženia 2,01 %

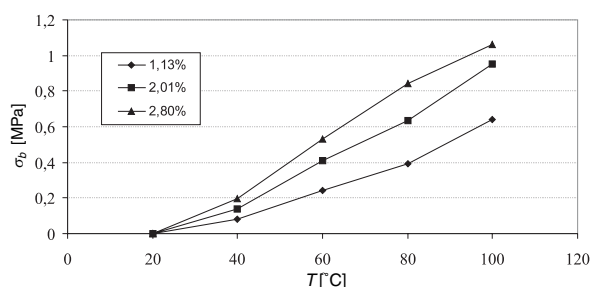


Obr. 10. Ťahové napätia v betóne σ_t vplyvom teplôt pre rôzne stupne vystuženia získané teoretickým výpočtom bez uváženia splastizovania

$$\sigma_s = [\varepsilon_{sT} - \varepsilon(T_1, T_2)] E_s,$$

$$N = \sigma_s \cdot A_s,$$

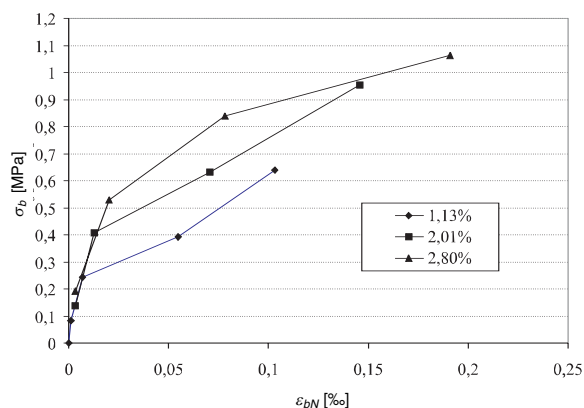
$$\sigma_b = \frac{N}{A_b} = \frac{\sigma_s \cdot A_s}{A_b} = \mu \cdot \sigma_s. \quad (18)$$



Obr. 9. Ťahové napätia v betóne σ_b vplyvom teplôt pre rôzne stupne vystuženia získané z experimentu

Splastizovanie betónu v ťahu

Z porovnania experimentálnych a teoretických hodnôt pomerných pretvorení vystužených vzoriek pri 80 a 100 °C (pozri obr. 5 až obr. 7) vyplýva, že experimentálne hodnoty dávajú menšie napätia v oceli, a teda aj v betóne (18) pri väčšom pomernom pretvorení betónu. Táto skutočnosť jednoznačne svedčí o odklone od lineárneho pracovného diagramu betónu v ťahu, pozri obr. 10, hoci v hodnotách sa môžu prejavovať aj iné javy, ako napríklad dotvarovanie, relaxácia. Z obrázku je zrejmé, že so zvyšovaním teploty a stupňa vystuženia dochádza k zvyšovaniu ochabovania betónu v ťahu.



Obr. 10. Závislosť medzi pomerným dĺžkovým pretvorením ε_{bN} a napätím σ_b v betóne – experimentálne hodnoty

Závery

Z hodnôt získaných našimi experimentami na nevystužených hranoloch sme získali vhodné tvary funkcií vyjadrujúcej závislosti od teploty pre veličiny významné z hľadiska stanovenia pretvorenia a napätosti vystužených betónových prvkov pri zvyšovaní ich teploty – modul pružnosti betónu $E_b(T)$, celkové teplotné pomerné pretvorenie betónu (súčet teplotnej rozťažnosti a teplotného zmršťovania) $\varepsilon_{bTc}(T)$, ako aj z neho odvodený súčiniteľ celkovej teplotnej rozťažnosti betónu $\alpha_{bTc}(T)$. Tieto funkcie sa ako vstupné aplikovali na riešenie teplotného pretvorenia vystuženého betónového prvku podľa teórie pružnosti a dosiahnuté výstupy sa porovnávali s priebehmi získanými priamymi meraniami na vystužených skúšobných vzorkách. Výsledky boli v dobrej zhode do teploty 60 °C. Nad touto teplotou do-

chádza k rozdielom medzi nameranými a výpočtom stanovenými pretvoreniami. Príčinou uvedených rozdielov je ochabovanie betónu v ťahu. Presnejšia teória by mala zohľadňovať skutočný pracovný diagram betónu v ťahu na rôznych teplotných hladinách. Tento diagram je obdobný ako u betónu v tlaku, má svoj vrchol a klesajúcu vetvu [4], [5].

Literatúra

- [1] Jávora, T. a kol.: Závěrečná správa výskumného grantu VEGA-1(4172/97 MŠ.
- [2] Šimková, S.: The Influence of Temperatures up to 100 °C on the Length Strains and Tensile Stresses of Reinforced Concrete Beams with Different Steel Ratio. In: 5th European Conference of Young Research and Science Workers in Transport and Telecommunications TRANSCOM 2003, Žilina, 2003.
- [3] Naď, L. – Hrubovčáková, G. – Šimková, S.: Experimental Research into Effect of High Temperature on Concrete Structures. In: 9th International EXPERTCENTRUM Conference Failures of Concrete Structures II, Bratislava, 2001.
- [4] Juhásová, E. – Hájek, J.: Namáhání betonových komínů a chladiacích věží při dynamických účincích. Bratislava, VEDA 1990.
- [5] Voves, B.: Vplyv požáru na konstrukce z předpjatého betonu. Praha, SNTL 1983.
- [6] Hájek, J.: Pretvorenia betónových prvkov. Bratislava, VEDA 1994.

Šimková, S. – Priganc, S. – Fecko, L.: State of Stress and Strain of a Reinforced Concrete Element at Raised Temperatures

This paper presents part of laboratory tests made in the laboratory of the Faculty of Civil Engineering in Košice. Their results concern the range of temperatures up to 100 °C, i.e. the influence of elevated temperatures on the state of stress and strain of the tested samples. The laboratory tests were performed on unreinforced and symmetrically reinforced specimens - prisms. In the analysis of the test results, attention is paid to finding the approximation function to fit the measured modulus of elasticity and strains of unreinforced specimens in dependence on temperature. The mentioned approximation functions were used in deriving mathematical formulation for calculation of resulting strains and tensile stresses of reinforced specimens depended on temperature and ratio of reinforcement. There is good agreement between experimental and theoretical values of strain on reinforced specimens, especially up to 100 °C.

Šimková, S. – Priganc, S. – Fecko, L.: Der Spannungszustand eines bewehrten Betonelements bei erhöhten Temperaturen

Im vorliegenden Beitrag wird der Teil der Ergebnisse von im Laborzentrum der Fakultät Bauwesen der TU Košice durchgeführten Laborprüfungen vorgestellt, welche den Temperaturbereich bis 100 °C betreffen, d.h. den Einfluss erhöhter Temperaturen auf den Spannungszustand und die Verformung der Prüfelemente. Die Laborprüfungen wurden an einer Serie unbewehrter und symmetrisch bewehrter Balken durchgeführt. In der Analyse der Ergebnisse wird die Aufmerksamkeit der Suche nach einer Funktion gewidmet, mit der die Werte der Elastizitätsmodule und der Verformung der unbewehrten Muster aus den Versuchen approximiert werden können.

Moderní geodetické technologie a přístroje pro měření délek a úhlů

doc. Ing. Jiří POSPÍŠIL, CSc.
Ing. Martin ŠTRONER, Ph.D.
ČVUT – Fakulta stavební
Praha

Príspevek predstavuje moderní přístroje pro měření délek a úhlů, využívané v obrovském spektru činností – teodolity a totální stanice, s aplikací pro výzkum sesuvů svahů a výzkum citlivosti jednotlivých staveb na očekávané zvýšené sedání podloží při výstavbě na brownfields.

Úvod

Přístroje pro určování délek a úhlů, tedy dalkoměry a teodolity či jejich kombinace, představují základní a univerzální nástroj pro geodetické práce, a to i přes velké spektrum dostupných nových technologií a s tím souvisejících přístrojů, jako např. laserové skenování, dalkomový průzkum Země či GPS. Avšak i přístroje pro tyto takřka prastaré geodetické činnosti prodělávají rozvoj, v poslední době hlavně v souvislosti s elektronizací, miniaturizací a větší dostupností výpočetní techniky.

Předmět výzkumné činnosti výzkumného záměru MSM č. 4 “Udržitelná výstavba”, v jehož rámci byl tento článek zpracován, je vymezen tematickými okruhy:

- výstavba na brownfields [8] (WP1),
- udržitelná výstavba budov (WP2),
- využití odpadních hmot, recyklátů ve stavebnictví (WP3),
- přírodní katastrofy (živly, nehody) – optimalizace ochrany, interakce se stavebními konstrukcemi (WP4).

Jednotčím cílem je získání znalostí o základech a podstatě pozorovaných jevů, vysvětlení jejich příčin a možných dopadů při využití pro zajištění ekonomicky konkurenceschopné výstavby s vyšší užitnou hodnotou a nižší energetickou náročností, menšími nároky na surovinové vstupy a nové pozemky při současném omezení rizika ohrožení lidského zdraví a životů při přírodních katastrofách, haváriích, nehodách.

Moderní geodetické technologie a přístroje pro měření délek a úhlů se významně uplatní v okruhu WP1 při výzkumu citlivosti jednotlivých staveb na očekávané zvýšené sedání podloží a v okruhu WP4 při výzkumu aktivace sesuvů.

Určování délek

Přesnější měření či lépe určování délek (řádově v milimetrech) bylo až do nástupu elektronických dalkoměrů pracné a nákladné. Byla využívána tuhá měřidla (invarové dráty, pásma, latě) či délky byly určovány opticky, např. paralakticky (přesné měření na základnovou lať). S příchodem nejprve rádiových, a posléze elektrooptických dalkoměrů, se situace začala měnit a v současné době je nejpoužívanější metodou měření prostorová polární metoda [1].

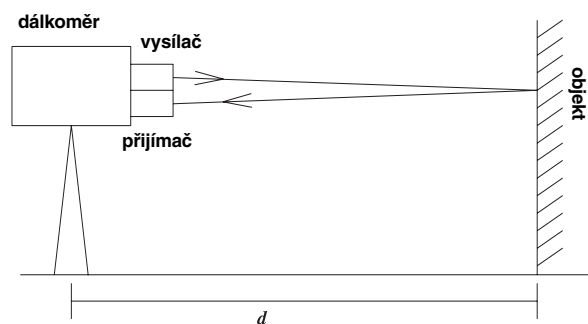
Nejvyužívanější fyzikální principy měření délek

Elektronický dalkoměr funguje podle schématu na obr. 1. Elektromagnetické vlnění vychází z vysílače, odráží se na

koncovém bodu na odrazném systému a vrací se zpět do přijímače umístěného na počátku měřené délky. Podle principu měření se rozlišují elektronické dalkoměry:

- **impulsní**, založené na měření tranzitního času, který elektromagnetický impuls potřebuje k projití dvojnásobku měřené délky. Vysílač dalkoměru vyšle impuls, který zároveň spustí elektronické měření času. Impuls se odrazí od odrazného systému a dopadá na přijímač dalkoměru, čímž ukončí měření. Ze známé rychlosti šíření impulsu prostředím lze určit dvojnásobek měřené vzdálenosti. Jelikož je rychlost elektromagnetických vln $3 \cdot 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, je tranzitní čas malý, např. pro délku 30 m je $0,2 \mu\text{s}$ ($2 \cdot 10^{-7} \text{ s}$), jsou tedy kladeny vysoké nároky na přesnost měření času;
- **fázové**, založené na měření fázového rozdílu, který vzniká mezi vysílaným a přijímaným signálem. Z takto zjištěného fázového rozdílu se pak určí měřená délka;
- **frekvenční**, založené na určení záněže, které vznikají jako produkt skládání časově posunutých frekvenčně modulovaných vln.

Je vhodné dodat, že rychlost šíření elektromagnetických vln je v daném prostředí ovlivněna indexem lomu, který závisí na použité vlnové délce záření, a vlastnostech prostředí, které lze v případě měření v atmosféře charakterizovat teplotou, tlakem a vlhkostí vzduchu, popř. chemickým složením. Při vyšších požadavcích na přesnost měřené délky může mít zanedbání takto definované korekce měřené hodnoty podstatný vliv.



Obr. 1. Obecné schéma principu elektronického měření délky

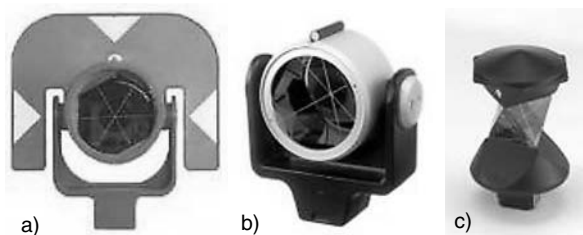
Dalkoměry se také liší podle toho, jaký odrazný systém mohou využít pro měření délek. Některé z rádiových dalkoměrů vyžadovali umístění aktivního odrazného systému, což byl v podstatě další vysílač, který v okamžiku přijetí zachycený signál zesílil a vyslal zpět k dalkoměru. Důvodem využití byla potřeba intenzivního signálu k vyhodnocení dalkoměrem. Posléze začaly být využívány dalkoměry s pasivním odrazným systémem.

Pasivní odrazné systémy

Úkolem odrazného systému je odrazit dostatečné množství vyslaného elektromagnetického záření zpět k jednotce dalkoměru ke zpracování. V současné době jsou jako odraz-

né systémy využívány následující prvky:

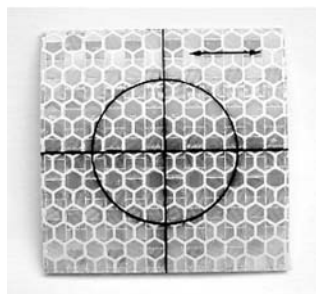
- **koutový hranol**, tj. optický prvek, který zabezpečí odraz dopadajícího signálu v opačném směru téměř nezávisle na natočení hranolu, pokud signál dopadne do jeho vstupní části.



Obr. 2. Odravné koutové hranoly Leica
a – běžný, b – pro přesná měření, c – všesměrový

Na trhu jsou běžně dostupné také všesměrové hranolové systémy, složené z více koutových hranolů, vyrobených z optického skla či z plastů (obr. 2), na které je možné měřit nezávisle na jejich natočení;

- **odrazná fólie** pracuje na stejném optickém principu jako koutový hranol, v podstatě se skládá z mnoha malých koutových hranolů uspořádaných do matice (obr. 3).



Obr. 3. Odravná fólie

Její vlastnosti nedosahují kvalit koutového hranolu. Fólie nacházejí využití hlavně při trvalé signalizaci opakovaně měřených bodů, např. při etapových měřeních, vzhledem k výrazně nižší pořizovací ceně;

- **bezhranolové měření**, při němž může být odrazným systémem povrch měřeného objektu. Přibližně od osmdesátých let dvacátého století jsou komerčně dostupné dálkoměry, které využívají pro určení délky pouze difúzní odraz, není tedy třeba nic umísťovat na měřený bod, a proto nemusí být ani přístupný. Povrch měřeného objektu ovšem musí vykazovat dostatečnou reflektivitu v požadovaném směru měření. Další problémy mohou nastat při měření na hrany a také vzniká nebezpečí vícenásobného odrazu měřicího svazku paprsků, které může výrazně zkreslit určenou délku [2], [3].

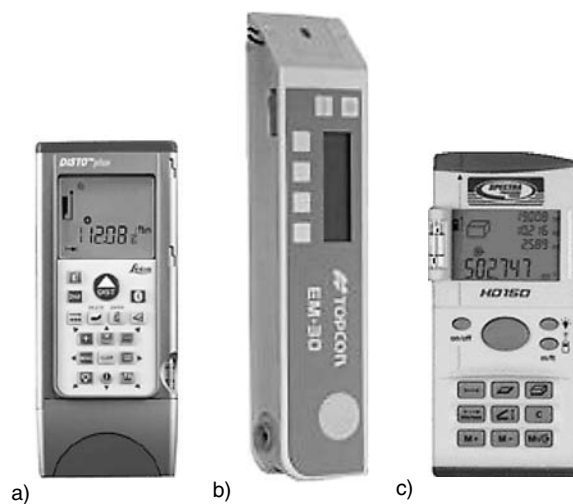
Přístroje pro měření délek

Přístroje pro geodetická měření délek jsou běžně dostupné a lze je rozdělit podle přesnosti, dosahu, typu provedení, použité vlnové délky elektromagnetického záření a dalších kritérií. Pro účely tohoto článku je použito dělení podle typu provedení na samostatně centrovatelné, nasazovací (na teodolit), integrované v totální stanici a ruční.

Z hlediska historického vývoje byly jako první dostupné dálkoměry samostatně centrovatelné, a to hlavně vzhledem k rozměru a hmotnosti těchto přístrojů. Jejich použití má opodstatnění např. v případě požadované vysoké přesnosti (např. Kern ME5000 se směrodatnou odchylkou měření

0,2 mm + 0,2 ppm), které běžně dostupné přístroje nejsou schopny dosáhnout. Miniaturizace umožnila vyrábět nasazovací dálkoměry na teodolity, které byly umístěny excentricky na dalekohledu (záměrná přímka dálkoměru není totožná se záměrnou přímkou teodolitu). Dalším krokem vývoje byla konstrukce nasazovacího koaxiálního dálkoměru, kdy záměrná přímka dálkoměru je ztotožněna se záměrnou přímkou teodolitu pomocí optických prvků. Posledním krokem je integrace dálkoměru do konstrukce teodolitu a vytvoření totální stanice. Samostatnou kapitolu tvoří ruční dálkoměry, které slouží hlavně jako elektronická náhrada pásma pro měření nejen na krátké vzdálenosti.

■ **Ruční dálkoměry** slouží, jak již bylo uvedeno, jako náhrada měřidel na krátké vzdálenosti v interiéru nebo pro přibližné účely v exteriéru. Přístroj je obvykle tvořen bezhranolovým dálkoměrem v kompaktním balení. Funkce dálkoměru bývá doplněna možnostmi jednoduché kalkulačky, např. výpočtem objemu, ukládání měřených hodnot do paměti, popř. v posledních letech i možností přímého připojení k počítači nejen pro přenos dat. Příkladem vyspělého přístroje této kategorie může být Leica DISTOplus, která kromě funkce dálkoměru (přesnost 1,5 mm, rozsah měření 0,2 až 200 m, viditelný laserový pointer, velikost stopy 6 mm/10 m) má vestavěný optický hledáček, libelu pro zajištění měření vodorovných délek, možnost upevnění na fotostativ a vestavěné bezdrátové spojení Bluetooth pro připojení k počítači či PDA [4]. Jako další lze uvést např. Topcon EM-30 (přesnost 3 mm, rozsah měření 0,2 m až více než 100 m, vestavěný hledáček, viditelná stopa laseru, hmotnost 360 g, datové rozhraní RS 232) nebo HD150 firmy Spektra Precision Laser (přesnost 2 mm, rozsah měření 0,3 m až 150 m, vestavěný hledáček, viditelná stopa laseru, přídatná libela, hmotnost 430 g).



Obr. 4. Ruční laserové dálkoměry
a – Leica DISTOplus, b – Topcon EM-30, c – HD150

Tato kategorie dálkoměrů se poměrně hojně využívá v praxi. Méně časté jsou ruční dálkoměry s velkým dosahem, jako je např. Riegl Lasertape FG21 (přesnost 1 m, rozsah měření 20 m až 3 000 m, optický hledáček, datové rozhraní RS 232, hmotnost 1,4 kg) či Riegl Lasertape FG21-HA (dva módy měření – vysoká přesnost a velký dosah, pro vysokou přesnost dosah 1 000 m, přesnost 0,05 m, pro velký dosah 2 000 m, přesnost 0,1 m; dále senzor náklonu, datové rozhraní ASCII či NMEA) nebo podobný dálkoměr s velkým dosahem Bushnell Yardage Pro™ 1000 (dosah

1 200 m, přesnost 1 m, optický hledáček, hmotnost 383 g). Tyto přístroje jsou vhodné hlavně pro rekognoskaci terénu či zjištění přibližné konfigurace před měřením.



Obr. 5. Ruční dálkoměry s velkým dosahem
a – Riegl Lasertape, b – Bushnell Yardage ProTM 1000

Určování směrů a úhlů

Z historického hlediska bylo vždy měření úhlů rychlejší a přesnější než určování délek. Byly vypracovány optické přístroje a metody měření umožňující měřit úhly s přesností v desetinách stupňových vteřin. Optické teodolity byly v poslední době nahrazeny přístroji elektronickými, a téměř každá firma vyrábějící geodetické přístroje má ve své nabídce i elektrooptický teodolit, ačkoli jejich uplatnění je proti totálním stanicím v praxi malé.

Optické metody

Čtení optických přístrojů je založeno na skleněných kruzích s vyznačeným dělením. Méně přesné přístroje (minutové) zpřesňovali jednostupňové (jednogradové) dělení odečítací pomůckou, tzv. mřížkou, přesnější (vteřinové) využívaly koincidenční odečítání založené na dvou odečítacích pomůckách v protilehlých pozicích na kruhu a mikrometrické odečítání. V současné době lze v nabídce světových výrobců geodetických přístrojů nalézt pouze jednoho zástupce skupiny vteřinových optických teodolitů, a to Sokkia TM1A-41 s přesností 0,3 mgon.

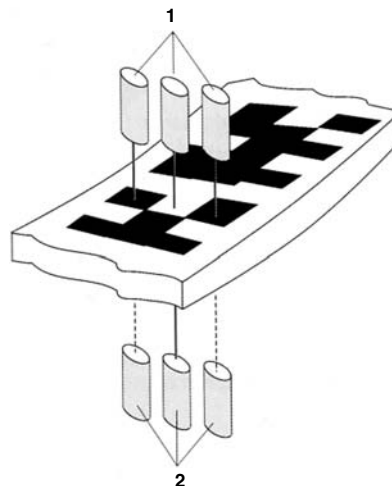


Obr. 6. Optický teodolit Sokkia TM1A-41

Ačkoli mají tyto přístroje za sebou dlouhý vývoj a jsou velmi propracované a přesné, nemožnost automatického odečítání a zápisu měření je diskvalifikuje pro velmi speciální aplikace či pro výukové účely v geodézii a příbuzných oborech.

Elektronické metody určování úhlů

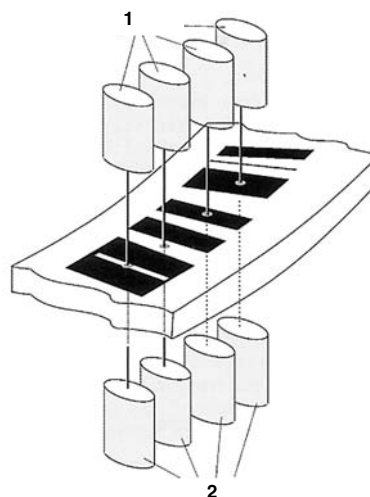
Optické přístroje byly postupně nahrazeny elektronickými, důvodem byla automatizace čtení (vyloučení chyb operátora při čtení), a posléze i možnost připojení k registračnímu zařízení. Využívané základní principy elektronického odečítání měřeného úhlu [5] jsou tři, a to binární s využitím paralelních stop, přírůstkové s využitím jedné stopy a absolutní s využitím jedné stopy.



Obr. 7. Principy elektronického odečítání
– binární s využitím paralelních stop
1 – vysílač, 2 – přijímač



Obr. 8. Principy elektronického odečítání
– přírůstkové s využitím jedné stopy



Obr. 9. Principy elektronického odečítání
– absolutní s využitím jedné stopy
1 – vysílač, 2 – přijímač

Principy jsou znázorněny na obr. 7 až obr. 9. Skutečné provedení absolutního kódového kruhu je na obr. 10. Mimo tyto principy byly využívány také principy založené na interferenci světla, efektu moiré, měření času a další. Možné rozdělení elektronických teodolitů dostupných na trhu podle přesnosti uvádí tab. 1 spolu s příklady typů reprezentujících danou skupinu.

Tab. 1. Rozdělení elektronických teodolitů podle přesnosti

Přesnost [mgon]		
(0; 0,6 >	(0,6; 1,5>	(1,5; 3,0>
Leica TM5100A (0,15mgon)	Leica T105 (1,5 mgon)	Trimble ETh 50 (2,0 mgon)
Pentax ETH-302 (0,5 mgon)	Nikon NE-200 (1,5 mgon)	Nikon NE-100 (2,0 mgon)
Sokkia DT210 (0,6 mgon)	Sokkia DT510 (1,5 mgon)	Topcon DT-103 (2,0 mgon)
Topcon DT-101 (0,6 mgon)	Sokkia LDT50 (1,5 mgon)	Sokkia DT610 (2,2 mgon)
	Topcon DT-102 (1,5 mgon)	Leica T110 (3,0 mgon)
		Nikon NE-100 (3,0 mgon) Topcon DT-104 (3,0 mgon)
		Topcon DT-105 (3,0 mgon)



Obr. 10. Absolutní kódový kruh Elta

Přístroje určující délky i úhly

Koncem šedesátých let vznikaly hybridní systémy složené z optomechanických teodolitů a elektronických dálkoměrů. Následně byly vyvinuty kompaktní elektronické teodolity s nasazovacími či integrovanými dálkoměry. Posléze byly k systému doplněny registrační jednotky, popř. mikropočítač s programovým vybavením. Takto vzniklý celek se nazývá totální stanice (angl. total station) nebo elektronický tachymetr (něm. elektronisches tachymeter) či univerzální elektronický teodolit [6]. Zde bude dále používán termín totální stanice.

Totální stanice

V současné době je totální stanice jednoznačně univerzálním a nejpoužívanějším geodetickým přístrojem, který kromě měření úhlů a délek a jejich registrace obvykle umožňuje automatické zavádění oprav osových chyb přístroje, automatické opravování měřených hodnot o chyby z nesvislosti alhidády (jednoosý či dvojosý kompenzátor) a fyzikální korekce měřených délek. Software obvykle umožňuje práci se seznamy měření a souřadnic a také řešení běžných geodetických úloh, jako je prostorová polární metoda, vytyčování, určení souřadnic volného stanoviště apod.

Vyšší a dražší modely poskytují nejen bohatší softwarovou výbavu, ale také další technické možnosti zrychlující a zpřesňující měření a následné zpracování. Zde může být jmenována motorizace, automatické vyhledávání a sledování cíle, možnosti propojení s dalšími přístroji (radiomodem, Bluetooth, GPS), bezhranolový dálkoměr, laserová olovnice, vytyčovací světla, servoustanovky, propojení k systému vyhodnocování měření v reálném čase (např. průmyslový měřicí systém), laserový pointer, jednomužný systém, auto-

matické zavádění korekcí z tlaku a teploty, skenující totální stanice, zobrazující totální stanice:

- **motorizace** je pohyb záměrné přímky dalekohledu zajišťovaný servomotory. Pohyb může být řízen servoustanovkami nebo může jít o automatickou operaci, např. samočinné prokládání do druhé polohy, nastavení přístroje při vytyčování do směru či předčení při opakovaném měření;
- **servoustanovka** je elektronický senzor snímající pohyb točítka ustanovky, na jehož základě je řízen pohyb servomotorů zajišťujících pohyb záměrné přímky totální stanice;
- **nekonečná ustanovka** je určena pro jemné cílení; konstrukce umožňuje otáčení přístroje bez omezení;
- **automatické vyhledání cíle**, tj. hrubé zacílení přístroje na hranol, se realizuje vhodným vyhledávacím algoritmem, např. v podobě spirály nebo meandru. Jsou k dispozici také systémy, v nichž je na hranolu umístěn aktivní vysílací systém a přístroj pomocí čidel lokalizuje přibližně směr, odkud přichází naváděcí signál, který pro identifikaci správného hranolu může být kódován;
- **automatické zacílení** slouží k zacílení na hranol bez zásahu operátora. Pracuje na základě porovnání intenzity přijatého signálu na vhodně uspořádaných senzorech, podle umístění zdroje naváděcího svazku paprsků jsou systémy aktivní (zdroj umístěn v místě cíle) a pasivní (zdroj umístěn v přístroji);
- **automatické sledování cíle** – přístroj sleduje hranol, který je již v jeho zorném poli, a v podstatě opakovaně automaticky cílí. Pokud dojde k přerušení kontaktu přístroje s hranolem (např. zakrytí hranolu překážkou), spustí se algoritmus pro automatické vyhledání cíle;
- **externí kontroler** je oddělený počítač připojený přes datové rozhraní sloužící pro registraci dat a řízení práce totální stanice;
- **laserová olovnice** slouží k centraci totální stanice na stanoviště, jde o náhradu optického centrovače. Je vytvářena úzkým viditelným svazkem paprsků laserové diody, osa tohoto svazku leží ve svislé ose přístroje a na terénu vytváří viditelnou stopu. Některé laserové olovnice umožňují určit výšku přístroje nad měřickým bodem na principu dálkoměru;
- **vytyčovací světla** slouží k přibližnému zařazení figuranta s vytyčkou/hranolem do směru, většinou na principu dvou světél, např. z levé strany je vidět pouze zelené světlo a z pravé pouze červené. Pokud jsou vidět obě, znamená to správnou polohu ve směru cílení dalekohledu;
- **systém měření v reálném čase** (průmyslový měřicí systém) je složen z více přístrojů (lze kombinovat totální stanice, elektronické teodolity i jiná zařízení) připojených přes rozhraní k počítači, který registruje měření a v reál-

- ném čase je schopen je zpracovávat, popř. práci měřicích přístrojů řídit. Využívá se hlavně v přesných aplikacích, např. ve strojírenství nebo při monitorování důležitých staveb, jako jsou jaderné elektrárny či hráze přehrad;
- **laserový pointer** je svazek paprsků viditelného záření koaxiální se záměrnou přímkou přístroje, zdrojem bývá laser. Lze ho s výhodou využít např. pro signalizaci nepřístupných bodů či vytyčování;
 - **jednomužný systém** byl vyvinut pro úsporu nákladů na měření. Dvojice měřič – figurant je nahrazena jedním pracovníkem, který staví výtyčku s hranolem na měřené body a prostřednictvím externího kontroleru zadává pokyn k měření a registraci motorizované totální stanici, která dokáže automaticky cílit. Kontroler a totální stanice jsou propojeny např. radiomodemem či jiným komunikačním zařízením, např. na bázi laserové datové komunikace;
 - **automatické zavádění korekcí z tlaku a teploty** přístrojem s integrovanými čidly měřícími atmosférickou teplotu a tlak a zavádějícími automaticky fyzikální korekce k měřeným délkám;
 - **skenující totální stanice** motorizovaná s bezhranovým dálkoměrem je vybavena speciálním softwarem umožňujícím měření mnoha podrobných bodů, obvykle v pravidelném odstupu. Ve výsledku podobné jako pozemní laserový skener [7]. Měření je však pomalejší a s menším množstvím bodů;
 - **zobrazující totální stanice** je vybavena LCD displejem s velkým rozlišením (320 x 240, TOPCON GPT-7000i), výkonným mikroprocesorem a digitální kamerou. Přístroj umožňuje na displeji zobrazit zorné pole dalekohledu, cílit jeho prostřednictvím a do reálného obrazu zakreslovat měřené body nebo linie, popř. registrovat snímky.

Tab. 2. Rozdělení totálních stanic podle přesnosti

Přesnost [mgon]		
(0; 0,6 >	(0,6; 1,5 >	(1,5; 30 >
Leica TCA2003 (0,15; 1+1)	Trimble 3603 DR (0,9; 2+2)	Topcon GTS-226 (1,8; 2+2)
Leica TCM2003 (0,15; 1+1)	Trimble 3303 (0,9; 2+2)	Leica TPS407 (2,0; 2+2)
Leica TM5100A (0,15; 1+2)	Nikon DTM-522 (1; 2+2)	Topcon GTS-229 (2,7; 3+3)
Leica TDM5005 (0,15; 1+2)	Topcon GTS-223 (1; 2+2)	
Leica TDA5005 (0,15; 1+2)	Leica TPS403 (1; 2+2)	
Leica TCA1800 (0,3; 1+2)	Leica TC803 (1; 2+2)	
Topcon GPT-8201 (0,3; 2+2)	Leica TPS1103 (1; 2+2)	
Nikon DTM-552 (0,3; 2+2)	Trimble 5603 DR (1; 2+2)	
Trimble 5601 DR (0,3; 2+2)	Sokkia SET3030R3 (1; 2+2)	
Sokkia SET1030R3 (0,3; 2+2)	Sokkia SET3030R (1; 2+2)	
Sokkia SET1030R (0,3; 2+2)	Sokkia SET3130R3 (1; 2+2)	
Sokkia SET1130R3 (0,3; 2+2)	Sokkia SET3130R (1; 2+2)	
Sokkia SET1130R (0,3; 2+2)	Leica TPS1203 (1; 2+2)	
Leica TPS1201 (0,3; 2+2)	Topcon GTS-7003 (1; 3+2)	
Topcon GTS-7001 (0,3; 3+2)	Nikon NPL-362 (1; 3+2)	
Trimble S6 (0,3; 3+2)	Trimble 5503 DR 200+ (1; 3+3)	
Nikon DTM-532 (0,5; 2+2)	Topcon GTS-225 (1,5; 2+2)	
Leica TPS1101 (0,5; 2+2)	Trimble TS315 (1,5; 2+2)	
Trimble 5602 DR (0,5; 2+2)	Leica TPS405 (1,5; 2+2)	
Trimble 3601 DR (0,5; 2+2)	Leica TC805 (1,5; 2+2)	
Leica TC802 (0,6; 2+2)	Leica TPS1105 (1,5; 2+2)	
Leica TPS1102 (0,6; 2+2)	Trimble 5605 DR (1,5; 2+2)	
Trimble 3602 DR (0,6; 2+2)	Trimble 3605 DR (1,5; 2+2)	
Sokkia SET2030R3 (0,6; 2+2)	Trimble 3305 (1,5; 2+2)	
Sokkia SET2030R (0,6; 2+2)	Trimble 3306 (1,5; 2+2)	
Sokkia SET2130R3 (0,6; 2+2)	Sokkia SET4130R3 (1,5; 2+2)	
Sokkia SET2130R (0,6; 2+2)	Sokkia SET4130R (1,5; 2+2)	
Leica TPS1202 (0,6; 2+2)	Leica TPS1205 (1,5; 2+2)	
Pentan R-322NX (0,6; 2+2)	Topcon GTS-7004 (1,5; 3+2)	
Topcon GTS-7002 (0,6; 3+2)	Trimble TS415 (1,5; 3+2)	
Topcon GPT-3002 (0,6; 3+2)	Nikon NPL-352 (1,5; 3+2)	
	Nikon NPL-332 (1,5; 3+2)	

Třídy a některé dostupné přístroje

Totální stanice mají dvě základní charakteristiky přesnosti, a to směrodatnou odchylku určené délky na hranol a určeného úhlu; stanovení kritérií pro zařazení do skupin proto není až tak jednoduché. Vzhledem k tomu, že při navrhování přístroje musí výrobce uvážit možné uplatnění přístroje, obecně lze říci, že totální stanice jsou vyráběny ve vyvážené kombinaci přesnosti měření úhlů a délek, a proto pro vymezení tří skupin zde bude využita pouze úhlová přesnost stejně jako u elektronických teodolitů. V tabulce 2 je za jednotlivými typy v závorce uvedena úhlová přesnost [mgon] a délková přesnost ve tvaru $X \text{ mm} + Y \text{ ppm}$. V prvním sloupci tabulky si lze všimnout, že by bylo možné vytvořit ještě jednu kategorii, totální stanice pro nejpřesnější strojírenská měření, kam by spadaly přístroje firmy Leica s úhlovou přesností 0,15 mgon a délkovou přesností 1 mm + 1 ppm. Z uvedených přístrojů je vhodné se blíže zmínit o třech z nich, a to totálních stanicích Trimble S6, Topcon GPT-7000i, Leica TDA/TDM 5005, které jsou unikátní ať už svou přesností, či novými technologiemi.

■ **Trimble S6** integruje mnohé inovace ve směru základních principů měření a v konstrukci (obr. 11). Následující výčet technologií s popisem je dostatečným zdůvodněním, proč je přístroj považován za unikátní. Je vhodné ještě dodat, že přístroj je k dispozici také ve variantě s dálkoměrem se směrodatnou odchylkou 1 mm + 1 ppm, avšak není nabízen v České republice.

MagDrive™ je servotechnologie s využitím magnetického polštáře, která umožňuje rychlejší pohyb alhidády a snižuje mechanické opotřebení přístroje.

MultiTrack™ je technologie vyhledávání a sledování běžného hranolu s jeho jednoznačnou identifikací pomocí dodatečného infračerveného vysílače umístěného pod hranolem.

SurePoint™ je systém, který udržuje záměrnou přímku v takové poloze, kam byla nastavena ustanovkami, tzn. při pohybu (např. vibrace) přístroj sám upravuje polohu alhidády a dalekohledu.



Obr. 11. Totální stanice Trimble S6

Jako další zajímavé vlastnosti lze uvést např. odnímatelnou kontrolní jednotku s barevným dotykovým displejem, operačním systémem Windows CE, procesorem 400 MHz, operační paměť 64 MB, vnitřní paměť 256 MB, Bluetooth, využití stejného software kontrolní jednotky pro různé typy měření a dále také servoostření, a dálkoměr s pasivním odrazem měřící na velké vzdálenosti [11].

■ **Topcon GPT-7000i** je vybavena operačním systémem Windows CE.NETTM, barevným dotykovým displejem, rozhraními USB a BlueTooth, slotem pro CompactFlash paměťovou kartu, hlavní inovace však spočívá v integraci dvou digitálních kamer do systému spolu s jejich všestranným využitím (obr. 12). Z jedné kamery je snímán obraz totožný s obrazem viditelným v dalekohledu, druhá slouží pro širší pohled na oblast měření. Přístroj umožňuje cílení pomocí displeje nejen při strmých záměrech, zároveň také zakreslování již zaměřených bodů do obrazu v reálném čase včetně definování spojnic bodů (vhodné pro kontrolu úplnosti zaměření), snímáný obraz lze také uložit, a tak snížit potřebu polních náčrtů.



Obr. 12. Totální stanice Topcon GPT-7000i

■ **Leica TDA 5005** je výjimečná hlavně svou přesností, která se uplatňuje především v oblasti strojírenských měření (obr. 13). Směrodatná odchylka určení úhlu je 0,15 mgon. Směrodatná odchylka délky je 1 mm + 2 ppm, dále však výrobce uvádí typickou přesnost na vzdálenost 120 m, která je 0,2 mm. Přístroj je motorizovaný, obsahuje technologie pro automatické vyhledání a sledování cíle, ovládání počítačem, možnost zapojení do průmyslového měřicího systému firmy Leica Axyz (umožňuje registraci a vyhodnocení měření v reálném čase) a také rozhraní pro propojení s počítačem.



Obr. 13. Totální stanice Leica TDA 5005

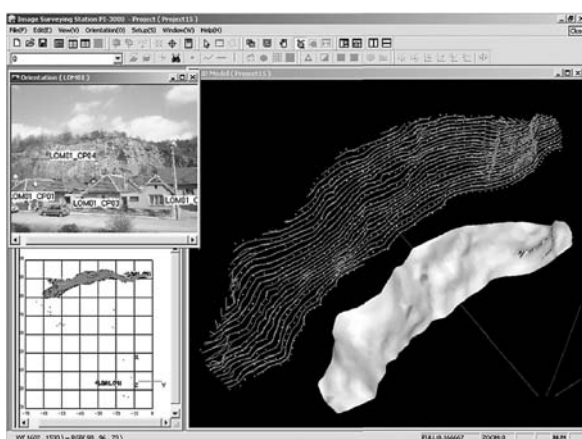
Využití při výzkumu sesuvů svahů a citlivosti staveb na sedání podloží

Možnost využití skenující totální stanice je demonstrována na příkladu měření nepřístupné skalní stěny v Brně -Králově Poli (GEODIS BRNO, spol. s r. o., 2005). K měření

byla použita totální stanice Topcon GPT-8200 (umožňuje změřit délku bez použití hranolu až do vzdálenosti 1 200 m), která ve spojení s kontrolerem FC-100 (vybaveným programem FIELD SCAN) vytváří skenovací systém. Toto uspořádání dále umožňuje pomocí datové karty přenést do paměti kontroleru snímek pořízený běžným digitálním fotoaparát. Po načtení lze na snímku zvolit identické body a ty následně zaměřit totální stanicí, což pak umožňuje automatické převedení snímku do souřadnicového systému totální stanice. Na tomto snímku se pak určí zájmová oblast skenování a interval rozestupu skenovaných bodů (zde zvolen krok 1 m). Na barevném displeji kontroleru se na pozadí snímku postupně zobrazují změřené body. Zaměření 4 000 bodů v jemném modu trvalo přibližně dvě hodiny. Po přenesení všech dat do počítače byla provedena vizualizace výsledků.



Obr. 14. Totální stanice Topcon GPT-8200 při skenování nepřístupné skalní stěny



Obr. 15. Vizualizace výsledků měření

Pro výzkum citlivosti jednotlivých staveb na očekávané zvýšené sedání podloží při výstavbě na brownfields je vhodné využít zobrazující totální stanice Topcon GPT-7000i, která umožňuje zobrazit na displeji přístroje obraz, který je vidět dalekohledem. To nejen usnadňuje zacílení na měřený objekt, ale kromě tradičního zobrazení měřených bodů na displeji nyní lze vidět měřené body a linie zobrazené přímo v reálném zobrazení měřené oblasti. Rovněž lze uložit digitální snímek spolu s naměřenými daty.



Obr. 16. Totální stanice Topcon GPT-7000i

Závěr

Totální stanice jsou univerzálním a nejpoužívanějším nástrojem, který vždy vyplňuje mezery nevládnutelné pomocí jiných, na první pohled vhodnějších a výhodnějších technologií, jako je např. laserové skenování nebo fotogrammetrie. Nežřídká se tyto metody neobejdou bez geodetických měření, obvykle uskutečňovaných totální stanicí, která slouží jako základ či kostra pro metody hromadného sběru dat. Jak již bylo uvedeno, využití této moderní techniky, která je v poslední době posouvána kupředu hlavně integrací počítačů a propojením s počítači a prostředím CAD, urychluje a usnadňuje měření nejen při výzkumu sesuvů svahů a citlivosti staveb na sedání podloží.

Článek vznikl za podpory výzkumného záměru MŠMT: MSM 6840770005.

Literatura

- [1] Kašpar, M. – Pospíšil, J. – Štroner, M. – Křemen, T. – Tejkal, M.: Laserové skenovací systémy ve stavebnictví. Hradec Králové, Vega 2003, 112 s.
- [2] Štronerová, J. – Pospíšil, J.: Testování stanic s pasivním odrazem II. Geodetický a kartografický obzor, **50**, 2004, č. 7, s. 138–144.
- [3] Štronerová, J. – Štroner, M.: Testování stanic s pasivním odrazem III. Geodetický a kartografický obzor, **50**, 2004, č. 8, s. 160–165.
- [4] Chlup, J.: Zkoušky ručního laserového dálkoměru Disto pro2. Stavební obzor, **14**, 2005, č. 4, s. 117–122.
- [5] Deumlich, F. – Staiger, R.: Instrumentenkunde der Vermesungstechnik. Heidelberg, Herbert Wichmann Verlag 2002.
- [6] Krpata, F.: Soudobé elektronické teodolity, dálkoměry a externí záznamníky dat. In: Využití optoelektroniky v geodézii, FSv ČVUT Praha, 1989, s. 79–88.
- [7] Kašpar, M. – Pospíšil, J. – Štroner, M. – Křemen, T. – Tejkal, M.: Laser Scanning in Civil Engineering and Land Surveying. Hradec Králové, Vega 2004, 103 s.
- [8] [www.env.cz/AIS/web-pub.nsf/\\$pid/MZPMAF4Z1M5W](http://www.env.cz/AIS/web-pub.nsf/$pid/MZPMAF4Z1M5W)
- [9] www.bushnell.com, 07.2005.
- [10] www.leica-geosystems.com, 07.2005.
- [11] www.trimble.com, 07.2005.
- [12] www.sokkia.com, 07.2005.
- [13] www.topcon.com, 07.2005.
- [14] www.pentax.com, 07.2005.

Pospíšil, J. – Štroner, M.: Modern Geodetical Technologies and Devices for Measuring Lengths and Angles

This article presents the latest devices deployed for measuring lengths and angles used in a vast spectrum of activities. These devices include theodolites and total stations with applications in the research on slope slides, as well as the investigation of the sensitivity of constructions to an anticipated settlement of subsoil in the erection of brownfields.

Pospíšil, J. – Štroner, M.: Moderne geodätische Technologien und Geräte zur Längen- und Winkelmessung

Der Beitrag stellt moderne Geräte zur Messung von Längen und Winkeln vor, die in einem breiten Tätigkeitsspektrum angewandt werden: Theodoliten und Totalstationen, mit der Anwendung für die Untersuchungen von Hangverschiebungen und die Untersuchung der Empfindlichkeit einzelner Bauten gegen eine erwartete erhöhte Setzung des Baugrundes beim Bauen auf industriellen Altstandorten.



CONECO



Climatherm



RACIOENERGIA

4. – 8. dubna
2006

Bratislava

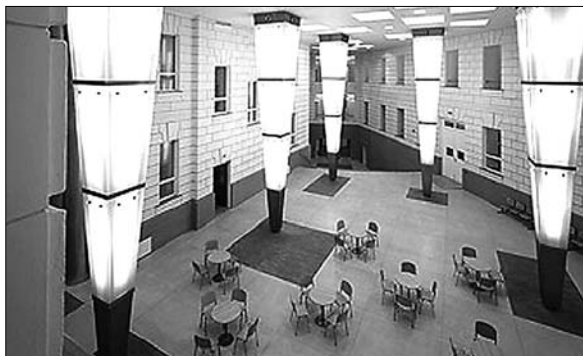
Mezinárodní stavební veletrh Coneco spolu se souběžně pořádaným veletrhem Racioenergia, zaměřeným na energetickou efektivnost a racionalizaci, a výstavou Climatherm, věnovanou klimatizaci a vzduchotechnice, se staly v letošním roce nejrozsáhlejší a nejžádanější výstavní a veletržní akcí na Slovensku. Tento nejstarší a největší slovenský veletrh, zařazený do kalendáře UFI, označila za evropskou špičku také zahraniční média. Veletrh Coneco je zařazen do seznamu českých oficiálních účastí na mezinárodních veletržích a výstavách opětovně i v roce 2006. Dotace na plochu od Ministerstva průmyslu a obchodu ČR, poskytovaná firmám v rozsahu až do 100 %, a další zvýhodnění, které poskytuje Incheba, vytvářejí optimální podmínky a zvyšují motivaci zástupců z České republiky k účasti na veletrhu.

www.incheba.sk

• zprávy

Do nového akademického roku s novou dvoranou

Společnost ŽS Brno dokončila v září rekonstrukci šesti-podlažní budovy pro Fakultu sociálních studií Masarykovy univerzity v Brně. Rekonstrukce v hodnotě 189,7 mil. Kč byla zaměřena na dispoziční úpravy v rámci jednotlivých podlaží při zachování původního charakteru památkově chráněného objektu. Unikátním prvkem projektu, jehož realizace trvala necelé dva roky, bylo přetvoření původního nádvoří na nově zastřešené atrium s pochozí střechou.



Požadavkem univerzity jako investora bylo vytvoření takového prostorového řešení, které umožní efektivní rozmístění rostoucího počtu aktivit fakulty, a to jak pro individuální aktivity s vysokou koncentrací, tak pro intenzivní komunikaci a kontakt většího počtu osob. Právě širší diskuze a konzultace umožní zastřešené atrium o výšce dvou pod-

laží, které vzniklo na místě původního nádvoří. Sloupy, které podporují střechu atria, jsou řešeny jako hrany jehlanů obrácených špičkami dolů. Stěny jehlanů jsou obloženy matovým sklem a ve spodní části nerezovým plechem. Vnitřní prostor jehlanů je využit pro vedení dešťové kanalizace a osazen světlými, která přisvětlují prostor atria. Ke stejnému účelu slouží i patnáct pyramidových světlíků nepravidelně rozmístěných ve stropu dvorany, spolu se šesti požárními klapkami, které slouží k odvodu tepla a kouře.

Střeška atria je upravena k relaxaci. Její povrch tvoří z větší části betonová dlažba na terčících, z menší části vegetační plochy se zelení, které tvoří ostrůvky s oblázky. Na střešní terasu lze vstoupit z předsálí před velkou posluchárnou, která po rekonstrukci nabízí 198 míst. Další vstup je možný ze slavnostní auly, která vznikla rekonstrukcí tělocvičny. Terasa bude využívána zejména při společenských akcích pořádaných v aule.

Rekonstruovaná budova se nachází v bezprostřední blízkosti historického centra Brna v území zahrnutém do městské památkové rezervace. Hlavní podmínkou při generální opravě a modernizaci objektu bylo proto zachování fasád. Rovněž okna byla navržena tak, aby nenarušila vzhled stavby. Dispozičně zachovány byly také nejcennější interiérové prvky, jako schodiště, chodba a aula se štukovou výzdobou ve třetím nadzemním podlaží. Generálním projektantem stavby byla společnost Arch. Design, generálním dodavatelem závod Pozemní stavitelství akciové společnosti ŽS Brno.

Tisková informace

• normalizace

Nová zkratka i logo

Technická normalizace byla na národní úrovni zorganizována v začátku dvacátého století. Roku 1919 byla založena první celostátní společnost Elektrotechnický svaz československý (ESČ) a hned v následujícím roce vydala první normy jako soubor předpisů a normálí. Československé elektrotechnické normy se zasloužily o rozvoj elektrotechnického průmyslu, firem a živností tím, že vytvořily všeobecně uznávanou technickou základnu jak pro výrobu, tak pro dozorovou činnost. V roce 1922 byla založena celostátní společnost pro všeobecnou normalizaci ČSN, která měla statut všeobecně prospěšné, neziskové organizace. Tvořily ji výrobní podniky, profesní svazy, komerční organizace apod. Platily členské příspěvky a podle svého zájmu a na své náklady se podílely na činnosti společnosti. Návrhy technických norem zpracovávali odborníci z průmyslových podniků, výzkumných ústavů, vysokých škol apod.

Československé normy byly dobrovolné, přesto měly nepochybnou autoritu díky vysoké úrovni technických řešení a jejich normalizačnímu zpracování. Tvořily základ předpisů profesních svazů, byly široce využívány v soutěžích o veřejné zakázky a významně se uplatňovaly i v pojišťovnictví. ČSN byla jedním z iniciátorů ustavení mezinárodní normalizační společnosti, která byla pod názvem Mezinárodní federace normalizačních organizací ISA založena v Praze v roce 1928.

Po válce byla na krátkou dobu obnovena činnost ESČ i ČSN. V roce 1951 bylo zrušeno spolkové uspořádání spolu s ESČ a ČSN. Řízení technické normalizace převzal stát prostřednictvím nově založeného Úřadu pro normalizaci. V roce 1992, se zánikem čs. federace, byl zrušen i Federální úřad pro normalizaci a měření. Po začlenění technické normalizace do státní správy se změnil i charakter technických norem. Dobrovolné normy se změnily ve státní a byly ze zákona závazné. Jejich novou úlohou bylo při neexistenci tržních principů regulovat jakost výrobků znárodněného průmyslu, později také nahrazovaly právní předpisy v oblasti bezpečnosti práce. I přes tuto zásadní změnu zůstalo Československo uznávaným členem mezinárodních normalizačních organizací ISO a IEC a pokračovalo v aktivní spolupráci při tvorbě mezinárodních norem. Jeho zástupci několikrát zasedali v Radě ISO a Akčním výboru IEC. Praha hostila řadu významných akcí, např. v letech 1967 a 1987 generální zasedání IEC, v roce 1988 generální zasedání ISO.

Uzavření asociční dohody nejprve ČSFR, a posléze České republiky, s EU znamenalo obrát v zaměření technické normalizace po roce 1989. Vyplýval z ní závazek přebírat evropské normy do národní soustavy za současného rušení konfliktních ustanovení národních norem. Kromě evropských norem jsou do české soustavy přejímány i navazující mezinárodní normy. Tvorba národních norem je přitom omezena na nezbytné minimum. Cílem normalizace se stává podpora tržního hospodářství a harmonizace národní legislativy s evropskou, odstraňování technických překážek obchodu. Nová právní úprava, stanovená zákonem č. 142/1991 Sb., o československých technických normách, ve znění zákona č. 632/1992 Sb., definuje technické normy jako v zásadě dobrovolné dokumenty. Jedinou výjimkou jsou ustanovení, jejichž závaznost byla stanovena na základě požadavku orgánu státní správy s pravomocí vydávat v příslušné oblasti obecně závazné předpisy. Zmíněný zákon ukončil platnost oborových norem k 31.12.1993 a závaznost čes-

koslovenských státních norem (schválených před nabytím účinnosti zákona č. 142/1991 Sb.) k 31.12.1994.

Se vznikem České republiky v roce 1993 se změnilo i rozdělení kompetencí včetně organizačního uspořádání národní normalizace. Zájem státu a ochranu obecného zájmu v oblasti technické normalizace zabezpečuje Ministerstvo průmyslu a obchodu (MPO) prostřednictvím Úřadu pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví (ÚNMZ), který je orgánem státní správy. Vlastní činnosti spojené obecně s tvorbou a vydáváním technických norem vykonává Český normalizační institut.

Potřeba sblížit českou a evropskou legislativu v oblasti technických předpisů vedla v polovině devadesátých let ke zpracování návrhu zákona, který společně řešil problematiku přejímání technických předpisů, postupy posuzování shody, technické normalizace a akreditace. Zákon č. 22/1997 Sb., o technických požadavcích na výrobky, umožnil v roce 1997 převod členství v mezinárodních a evropských normalizačních organizacích z ÚNMZ na ČSNI. Ten se tak stal na základě rozhodnutí MPO, vydaného podle zmíněného zákona, pověřenou organizací k tvorbě a vydávání norem. V roce 1997 bylo, v té době ještě ÚNMZ, uděleno po splnění všech podmínek plnoprávné členství v evropských normalizačních organizacích CEN a CENELEC. V období 1999 až 2000 byla Česká republika prostřednictvím Českého normalizačního institutu zastoupena v Radě ISO. V roce 2000 byla uvedena na trh značka shody s českou technickou normou ČSN-TEST.



I počátek nového století byl ve znamení významných událostí týkajících se technické normalizace a Českého normalizačního institutu. V roce 2001 se konala v Praze historicky první ISO Networking konference. Ve stejném roce institut obdržel na základě výsledků certifikačního auditu certifikát potvrzující shodu systému řízení jakosti s požadavky ISO 9001:1994, týkající se procesu tvorby norem. Při příležitosti osmdesátého výročí založení normalizace v Československu byla založena tradice každoročního udělení Ceny a Čestného uznání Vladimíra Lista jako ocenění za přínos pro technickou normalizaci. V roce 2003 získal institut certifikát potvrzující shodu systému řízení jakosti ČNI s požadavky normy ISO 9001:2000, týkající se poskytování služeb v oblasti technické normalizace. V roce 2005 změnil Český normalizační institut svůj logotyp a zkratku ČSNI na ČNI.



Český normalizační institut
Průvodce světem technických norem

• veletrhy

Marmomacc 2005

Ani tento rok nebyly prostory italské Verony ochuzeny o mezinárodní veletrh přírodního kamene a technologií jeho zpracování, který je již několik let považován za vůbec největší světovou událost věnovanou práci s tímto přírodním materiálem.

Na přelomu září a října se sem sjeli nejen architekti a designéři, ale také distributoři, dovozci a ostatní podnikatelé ve stavebním sektoru. Cílem veletrhu není jen poznávání a propagace nejnovějších technologií a výrobků, ale i nových trendů a materiálů a navázání nových kontaktů.

Hlavní událostí letošního ročníku výstavy bylo vyhlášení vítězů International Stone Architecture Award 2005. Tato soutěž architektonických počínů z přírodního kamene, pořádaná každé dva roky, má tradici již od roku 1987. Jde o prestižních ocenění v mezinárodním měřítku. Mezi porotci byli Alfonso Acocella (University of Ferrara), Vittorio Magnago Lampugnani (ETH, Švýcarský federální institut v Zurichu), Werner Oechslin (ETH, Zurich), Vincenzo Pavan (USA Institut Italy) a Antonio Piza (Escuela Tecnica Superior de Arquitectura de Barcelona).

Tisková informace

International Stone Architecture Award 2005

- Bostonská veřejná knihovna (Boston, Massachusetts, USA, 1998–2001), autoři Rodolfo Machalo & Jorge Silveti;
- kanceláře oblastní zdravotní mise (Almería, Andalusie, Španělsko, 1999–2002), autor Alberto Campo Baeza;
- hřbitov, kostel Naší Paní Osvícené a Muzeum osvícení (Aldeja da Luz, Mourao, Portugalsko, 1998–2003), autoři Pedro Pacheco a Marie Clément;
- Centrum pro studium hudby (Finca Vista Alegre, Santiago de Compostela, Španělsko, 1999–2003), autor Antón García Abril a studio Ensemble;
- obchody Giorgia Armaniho (25 měst, např. Paříž, Milán, Düsseldorf, Moskva, Chicago, Tokio, Dubai, Barcelona, Hong Kong, Shanghai a další, 1999), autor Claudio Silvestrin;
- ocenění získal posmrtně i Franco Albini (1905–1977) za Treasury Museum (Muzeum státní pokladny) v San Lorenzu v Janově (1952–1956).

• dizertace



Staticky neurčité prutové konstrukce v pružně plastickém stavu

Ing. Ivan Kološ

Práce se zaměřuje na výpočet pružně plastického přetvoření rovinných prutových konstrukcí. Rozvoj plastických oblastí po délce prutů je respektován zavedením náhradní ohybové tuhosti průřezu, statické řešení je provedeno silovou metodou. Při určování náhradní ohybové tuhosti se využívá skutečný pracovní diagram oceli získaný tahovou zkouškou. Navržený výpočtový model byl srovnán s výsledky experimentů. Prokázala se výhodnost aplikace náhradní ohybové tuhosti ve specializovaném softwaru, např. při řešení rovinného oblouku.

Stavební obzor na CD

Ročníky

2002, 2003 a 2004

ve formátu pdf si lze objednat u distributora, popř. v redakci našeho časopisu

Cena:

1 ročník na CD

včetně krabičky a přebalu 400 Kč

poštovné + balné (dobírka) 100 Kč

Objednávky:

Ing. Milan Gattringer, MG DTP, Borovanská 3388,
143 00 Praha 4, tel./fax: 241 770 220,
e-mail: mgdtp@volny.cz

• zprávy

EUROVEA – budoucí nové centrum Bratislavy

Podle představ irského developera projektu, společnosti Ballymore Properties, by centrum Bratislavy mělo již brzy projít velkou proměnou. Přímo na nábřeží Dunaje by na ploše 15,3 ha mělo vzniknout nové obchodní a kulturní centrum města. V přímém sousedství se nachází budova Slovenského národního divadla a městské muzeum.



Projekt je nyní v závěrečné etapě územního řízení, které vyvrcholí vydáním územního rozhodnutí pro první fázi projektu. Ta zaujme 250 tis. m² a bude se skládat z obchodního centra postupujícího diagonálně celým územím Pribina Galleria, kanceláří Business Centra Eurovea, hotelu s konferenčními prostory, kasina, fitness centra, multikina, zábavního centra pro celou rodinu Leisure Eurovea, komplexu luxusních bytů River Place Eurovea, nového centrálního náměstí Republiky, nábřežní promenády s přístavištěm lodí Riverside Eurovea.

Tisková informace

STAVEBNÍ OBZOR

RO NÍK 14 ÍSLO 10/2005

Navigace v dokumentu

OBSAH

Marek, J. – Machá ek, J. Trapézové ocelové oblouky pro štíhlé železobetonové stropy	289
Rejman, F. Využití ortogonálních polynomů u metody nejmenších čtverců	296
Guschlová, Z. – Matoušek, J. – Kuráž, V. Modelování elektrického pole pomocí softwaru TriComp 5.0	298
Štroner, M. – Pospíšil, J. Návrh skenovacího systému s virtuálními binárními značkami	300
Vondrák, J. – Fišer, Z. – Žufanová, V. Analýza digitálních katastrálních map v katastrálních územích Brna	303
Somorová, V. Rizika developmentu nehnuteľností	308
Chodasová, Z. Může controller nahradit práci manažera firmy?	312
REJSTÍK	I – VII

10 • 2005

ročník 14

STAVEBNÍ OBZOR

pozemní stavby
dopravní stavby
vodohospodářské stavby
geotechnika
konstrukce a materiály
technologie
životní prostředí
geodézie a kartografie
mechanizace
informatika
ekonomika
software



Fakulta stavební
ČVUT v Praze



Česká komora autorizovaných
inženýrů a techniků



Český svaz
stavebních inženýrů



Fakulta stavební
VUT v Brně



Fakulta stavební
VŠB TU-Ostrava

OBSAH

Marek, J. – Macháček, J.
**Trapézové ocelové oblouky
pro štíhlé železobetonové
stropy** 289

Rejman, F.
**Využití ortogonálních
polynomů u metody
nejmenších čtverců** 296

Guschlová, Z. – Matoušek, J. –
– Kuráž, V.
**Modelování
elektrického pole
pomocí softwaru
TriComp 5.0** 298

Štroner, M. – Pospíšil, J.
**Návrh skenovacího systému
s virtuálními binárními
značkami** 300

Vondrák, J. – Fišer, Z. – Žufanová, V.
**Analýza digitálních
katastrálních map
v katastrálních
územích Brna** 303

Somorová, V.
**Riziká developmentu
nehnutelností** 308

Chodasová, Z.
**Može controller
nahradit práci
manažera firmy?** 312

REJSTŘÍK I – VII

CONTENTS

Marek, J. – Macháček, J.
**Arched Trapezoidal Steel
Sheeting for Slim Reinforced
Concrete Floors** 289

Rejman, F.
**Exploitation of Orthogonal
Polynoms as Part of the
Least Square Method** ... 296

Guschlová, Z. – Matoušek, J. –
– Kuráž, V.
**Modelling of Electrical
Field Using
TriComp 5.0
Software** 298

Štroner, M. – Pospíšil, J.
**Design of a Scanning
System with Virtual Binary
Markers** 300

Vondrák, J. – Fišer, Z. – Žufanová, V.
**Analysis of Digital
Cadastral Maps
in Brno Cadastral Area –
Czech Republic** 303

Somorová, V.
**Risks of Real Estate
Development** 308

Chodasová, Z.
**Can a Controller
Replace a Company
Manager?** 312

REGISTER I – VII

INHALT

Marek, J. – Macháček, J.
**Stahltrapezbögen
für schlanke
Stahlbetondecken** 289

Rejman, F.
**Anwendung orthogonaler
Polynome bei der Methode
der kleinsten Quadrate** ... 296

Guschlová, Z. – Matoušek, J.–
– Kuráž, V.
**Modellierung eines
elektrischen Feldes
mit Hilfe der Software
TriComp 5.0** 298

Štroner, M. – Pospíšil, J.
**Entwurf eines
Scansystems mit virtuellen
Binärzeichen** 300

Vondrák, J. – Fišer, Z. – Žufanová, V.
**Analyse digitaler
Katasterkarten in den
Katastergebieten
von Brünn** 303

Somorová, V.
**Risiken der Immobilien-
Entwicklung** 308

Chodasová, Z.
**Kann ein Kontrolleur die
Arbeit des Managers der
Firma ersetzen?** 312

REGISTER I – VII

REDAKČNÍ RADA**Předseda:**

prof. Ing. Jiří STUDNIČKA, DrSc.

Místopředseda:

doc. Ing. Alois MATERNA, CSc.

Členové:

Ing. Miroslav BAJER, CSc.

doc. Ing. Pavel HÁNEK, CSc.

Ing. Jiří HIRŠ, CSc.

doc. Ing. Vladimír JELÍNEK, CSc.

Ing. Jana KORYTÁROVÁ, PhD.

Ing. Karel KUBEČKA

doc. Ing. Ladislav LAMBOJ, CSc.

doc. Ing. Ivan MOUDRÝ, CSc.

doc. Ing. Jaroslav NOVÁK, CSc.

doc. Ing. Luděk NOVÁK, CSc.

doc. Ing. Miloslav PAVLÍK, CSc.

prof. Ing. J. PROCHÁZKA, CSc.

Ing. Vlastimil ROJÍK

Ing. Karel SVOBODA

doc. Dr. Ing. Miloslav ŠLEZINGR

Ing. Ludvík VÉBR, CSc.

doc. Ing. Josef VITÁSEK, CSc.

prof. Ing. Jiří WITZANY, DrSc.

Ing. Renata ZDAŘILOVÁ

STAVEBNÍ OBZOR, odborný měsíčník, vydává
Fakulta stavební ČVUT Praha společně s Fakultou
stavební VUT Brno, Fakultou stavební VŠB TU
Ostrava, Českou komorou autorizovaných inženýrů
a techniků činných ve výstavbě a Českým svazem
stavebních inženýrů. Řídí redakční rada, vedoucí
redaktorka Marcela Klímová. Adresa redakce:
Thákurova 7, 166 29 Praha 6, tel./fax: 224 354 596,
klimova@fsv.cvut.cz, http://web.fsv.cvut.cz/obzor.
Vychází každý měsíc kromě července a srpna,
cena za výtisk je 40 Kč včetně DPH (+ poštovné a
balné). Objednávky odběru i reklamace přijímá
Ing. Milan Gattringer, MG DTP, Borovanská 3388, 143 00
Praha 4, tel./fax: 241 770 220, e-mail: mgdtp@volny.cz.
Odběr je možné zrušit až po vyčerpání zaplaceného
předplatného. Inzerce adresujte redakci. Technická
redakce a realizace: Ing. Milan Gattringer. Po-
dávání novinových zásilek povoleno Ředitelstvím
pošt Praha, č. j. NP 144/1994, ze dne 21. 10. 1994. Do
sazby 4. 11. 2005. Nevyžádané rukopisy se nevracejí.

INDEX 47 755, ISSN 1210-4027

Trapézové ocelové oblouky pro štíhlé železobetonové stropy

Ing. Jiří MAREK, Ph.D.
prof. Ing. Josef MACHÁČEK, DrSc.
ČVUT – Fakulta stavební
Praha

V devadesátých letech minulého století byla vyvinuta konstrukce železobetonového štíhlého stropu betonovaného do plochých trapézových ocelových oblouků. Nová technologie výroby trapézových oblouků umožnila překlenout rozpětí 6 až 9 m. Autoři článku publikovali výsledky rozsáhlých experimentů s trapézovými oblouky vyráběnými firmou VIKAM (TR 40/160/1,0) o rozpětí 6 m, s poloměrem oblouku 9,8 m a vzepětím 0,47 m pro různá zatížení [1]. V tomto příspěvku je uvedeno teoretické trojrozměrné (a dvojrozměrné) vyšetřování MKP pro všechny trapézové oblouky vyráběné firmou VIKAM. Analyzuje se potřeba zavedení počátečních průhybů a geometrické, popř. materiálové nelinearity do výpočtů. Teoretické řešení je kalibrováno podle výsledků experimentů a je stanoven mezní stav pro praktické aplikace. Rozhodujícím kritériem pro symetrická i nesymetrická zatížení je pružný průhyb s tím, že nesymetrická zatížení a hromadění betonu u podpor je vhodné pokud možno vyloučit. V závěru jsou uvedena doporučení pro provádění konstrukce i určení mezního stavu.

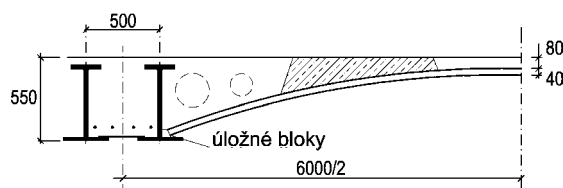
Úvod

Idea použít ploché ocelové trapézové oblouky jako ztracené bednění pro štíhlé spřažené stropy vznikla koncem osmdesátých a začátkem devadesátých let minulého století [2], [3]. Výhody štíhlých stropů (tj. bezstropnicové konstrukce nízké konstrukční výšky) s trapézovými plechy jako ztraceným bedněním jsou známy: nízká konstrukční výška, rychlá montáž bez dalšího podepření, spřažené chování nosníků bez nutnosti použití spřahovacích prvků, dostatečná požární odolnost. Pro větší rozpětí stropních desek jsou však nutné speciální zvlášť vysoké plechy [4], [5]. Trapézové oblouky naproti tomu umožňují překlenout rozpětí až 9 m s obvyklou výškou plechu.

V montážním stadiu přenáší tíhu čerstvého betonu (včetně účinku hromadění betonu při betonáži) trapézový oblouk. Ocelové nosníky mají při tom nepodepřenou horní (tlačnou) pásnici a mohou ztratit příčnou a torzní stabilitu. Rathbone [3] proto navrhl zdvojení nosníků (obr. 1), které zlepšuje situaci i u krajních nosníků, kde je nutné pro přenesení vodorovných obloukových sil vkládat dočasná, popř. trvalá, táhla.

V provozním stadiu již trapézový oblouk nepůsobí. Zatížení přebírá oblouková železobetonová deska s jednoduchým vyztužením (při dolním povrchu ve střední polovině rozpětí a při horním povrchu nad podporami, obvykle ve

formě svařovaných sítí). Nosníky se chovají jako spřažené, přičemž obalující beton nevyžaduje smykové zarážky, čímž vzniká velmi efektivní konstrukce. Podrobnou analýzu provozního stavu provedl Davies [6].

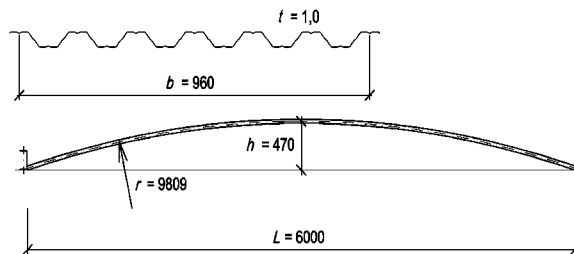


Obr. 1. Stropní konstrukce podle návrhu Rathboneho

V tomto příspěvku je provedena analýza trapézových oblouků v montážním stadiu. V úvodu je uveden stručný popis provedených experimentů se symetrickým, nesymetrickým a lokálním zatížením. Následuje podrobné teoretické vyšetřování a v závěru jsou uvedeny výsledky a praktická doporučení.

Experimentální vyšetřování

Podrobný popis experimentů a jejich výsledků je uveden v [1], a proto se uvádí pouze jejich souhrn. Bylo provedeno 9 zkoušek s trapézovými oblouky TR 40/160/1,0 od firmy VIKAM (obr. 2), s rozpětím $L = 6000$ mm, šířkou $b = 960$ mm a vzepětím $h = 470$ mm. Nominální efektivní průřezové parametry oblouku vyrobeného z oceli S320G jsou $A_{eff} = 1242$ mm²; $I_{eff} = 283900$ mm⁴; $W_{eff} = 14638$ mm³; $f_y = 320$ MPa; $f_u = 390$ MPa.

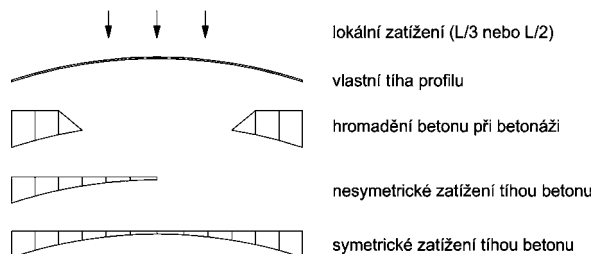


Obr. 2. Obloukový trapézový plech a uspořádání při experimentu

Podepření oblouků v laboratoři bylo neposuvné, do jednoduché svislé zarážky, představující nejjednodušší způsob uložení do nosníků s dočasnými táhly v úrovni jejich dolních pásnic. Pro zamezení vytékání betonu při betonáži lze v praxi použít speciální bloky (navážené úhelníky, popř. dřevěné klíny).

Zatížení při experimentech reprezentovalo vlastní tíhu, tíhu čerstvého betonu, hromadění betonu u podpor při beto-

náží a lokální zatížení od obsluhy podle obr. 3. Pro umístění zátěže byly zhotoveny dřevěné „schody“. K zamezení lokálního boulení, které se objevilo u pilotních zkoušek, byly vlny oblouku pod schody vyplněny polystyrénem a slabou překližkou (obr. 4). Vlastní zátěž tvořily zvážené betonové bloky, ocelové hranoly a sáčky s broky. Během zatěžování se sledovaly průhyby podél rozpětí a v důležitých příčných řezech. Napětí u oblouků měřilo 12 odporových tenzometrů [1].



Obr. 3. Zatížení aplikované při experimentech



Obr. 4. Zatížení představující hromadění betonu u podpor

Důležitým výsledkem zkoušek byl kromě průhybů průkaz pružného chování oblouků až do jejich kolapsu, který nastal vždy v důsledku nadměrného průhybu.

Výsledky experimentálního vyšetřování

Před zahájením zkoušek byla výpočtem stanovena celková charakteristická tíha F_k mokrého betonu včetně tíhy oblouku pro uspořádání podle obr. 1. Pro normální beton činí $F_k = 30,3$ kN a pro lehký beton (Liapor® 1 700 kg/m³) $F_k = 20,6$ kN. Pilotní zkoušky ukázaly, že pro praktické použití je nutné počítat pouze s lehkým betonem, pro který Eurokód 1 dává návrhové zatížení $\gamma_F F_k = 1,35 \cdot 20,6 = 27,8$ kN. Z hlediska průhybů byly zkoušky relevantní pro mezní průhyb $\delta_{\max} = L/180 = 33,3$ mm (zkoušení však probíhalo pro násobné hodnoty δ_{\max}), při němž byla největší napětí pružná, hluboko pod mezí kluzu. Hodnoty celkového zatížení při zkouškách jsou označeny jako F_e [1].

První dvě „základní“ zkoušky byly ukončeny po dosažení zatížení $F_e = 27,1$ kN, tedy zhruba na návrhové hodnotě. Průhyb měl tvar tří polovln (střední směrem vzhůru s průměrnou amplitudou –6,4 mm, krajní směrem dolů s amplitudou +10,7 mm), napjatost uprostřed rozpětí činila +29/–102 MPa (horní/spodní vlákna profilu) a –125/+84 MPa v šestině rozpětí (přičemž materiál profilů podle zkoušek vykazoval mez kluzu $f_{y,aver} = 357$ MPa, a mez pevnosti $f_{u,aver} = 418$ MPa).

Další zkouška se zatížením ve tvaru „nahromaděného betonu“ u podpor a s celkovou zátěží $F_e = 23,8$ kN vedla k vý-

raznějším hodnotám průhybů (–8,3 mm uprostřed rozpětí a +12,2 mm v krajních částech) i napětí (+54/–168 MPa uprostřed rozpětí a –187/+170 MPa v šestinách rozpětí). U této zkoušky nastal prudký nárůst napjatosti po dosažení celkového zatížení 17 kN [1]. Následující zkouška s nesymetrickým zatížením byla ukončena po dosažení celkového zatížení $F_e = 14$ kN a vedla k průhybu ve tvaru dvou polovln s amplitudami +69 mm a –36 mm. Takové zatížení by však nemělo být při betonáži připuštěno.

Přesto byla provedena další zkouška s nesymetrickým zatížením, u níž po dosažení celkové hodnoty 9,9 kN bylo zatížení doplněno na symetrické, s celkovou hodnotou 19,8 kN. Chování konstrukce bylo pružné a vedlo k tvaru průhybů obdobnému jako u symetrického zatížení, avšak se zvýšenými amplitudami (–11,5 mm uprostřed a +13,0 mm v krajních oblastech rozpětí).

Další tři zkoušky byly provedeny jako „základní“ symetrické, avšak doplněné o lokální břemeno. Po dosažení celkového zatížení $F_e = 27,1$ kN byl na konstrukci (uprostřed a postupně v obou třetinách rozpětí) umístěn kalibrováný válec jako zatížení 1,2 kN, představující pracovníka při betonáži (obr. 5). Při umístění břemene uprostřed rozpětí a ve vnitřní třetině příčného řezu profilu měl průhyb stále tvar tří polovln, s amplitudou –0,3 mm směrem vzhůru a +15,8 mm dolů. Při příčném posunu břemene do vnější třetiny příčného řezu průhyby výrazně vzrostly (aniž by vedly ke kolapsu). Takové zatížení by však nemělo v praxi nastat, neboť profily jsou příčně spojeny jednostrannými nýty. Podobně se oblouk choval při umístění břemene ve třetinách rozpětí, s průhyby až +32 mm.



Obr. 5. Lokální zatížení vnesené kalibrováním válcem

Poslední zkouška byla podobná zkoušce „základní“, avšak se zatížením odpovídajícím vyšší tloušťce betonové desky tak, aby bylo dosaženo kolapsu oblouku. Celkové zatížení dosáhlo 33,2 kN, průhyby vzhůru –15,3 mm a dolů +26,3 mm, napětí uprostřed rozpětí +54/–147 MPa a –227/+176 MPa v šestině rozpětí. V podporách vznikly v důsledku neupraveného uložení malé plastické deformace.

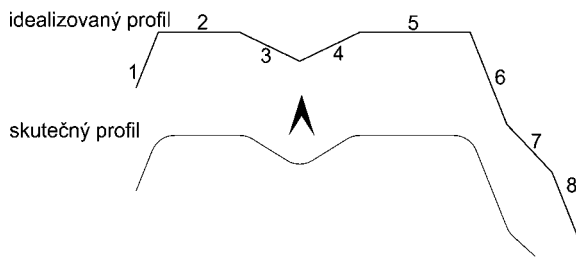
Experimentální vyšetřování tak potvrdilo použitelnost těchto plochých a nízkých trapézových oblouků pro daný účel. Při betonáži je přitom vhodné předejít vzniku nesymetrických zatěžovacích stavů a minimalizovat hromadění betonu v podporách (zejména vzhledem k problémům s uložením betonářské výztuže do deformované konstrukce).

Teoretické vyšetřování

Experimentální vyšetřování potvrdilo pružné chování oblouků až do kolapsu, který vždy nastal v důsledku nadměrných průhybů. Při numerickém řešení bylo proto použito pružnostní analýzy, přičemž výsledná napětí při kolapsu, ve shodě s naměřenými, byla hluboko pod mezí kluzu materiálu.

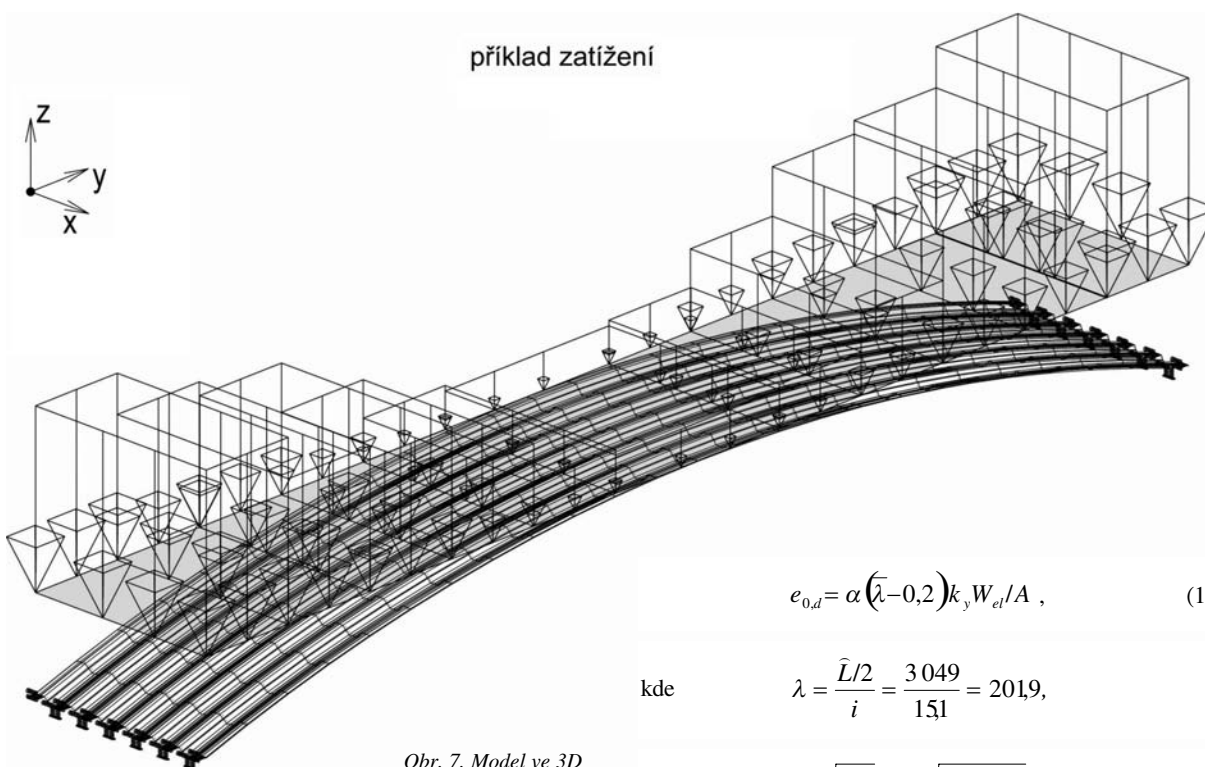
Po orientačním dvojrozměrném lineárním řešení (LA-2D) byl jednoduchý oblouk se dvěma klouby řešen geometricky nelineární analýzou (GNA-2D) pomocí softwaru FEAT® (MKP). Efektivní průřezové parametry byly zavedeny podle údajů distributora profilů (pro TR 40/160/1,0 byly uvedeny výše). Oblouk byl rozdělen na 12 křivočarých prutových prvků, každý s 10 uzly.

Následná podrobná prostorová analýza byla provedena softwarem IDA Nexis®. Trapézový oblouk byl modelován tenkostěnnými prvky podle obr. 6 (90 lineárních částí v příčném řezu, 24 lineárních částí ve směru oblouku), přičemž síť tenkostěnných prvků byla generována s délkou 6 mm (obr. 7). Podél podepření oblouků (v souladu s experimentem) byly zavedeny liniové klouby ve směru os Z a Y.



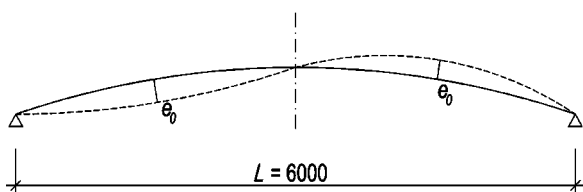
Obr. 6. Idealizace části příčného řezu trapézového oblouku

lokální boulení bylo zanedbatelné. Počáteční průhyby oblouků byly měřeny před každou zkouškou, přičemž se předpokládal jejich kritický tvar (ve tvaru dvou sinusových polovln). Amplitudy těchto průhybů však byly zanedbatelné. Ke zjištění vlivu počátečních průhybů byly proto pro analýzu GNIA-3D zavedeny amplitudy doporučené v Eurokódu 3 (obr. 8):



Obr. 7. Model ve 3D

Řešení zahrnuje geometricky nelineární trojrozměrnou analýzu (GNA-3D) a podrobnou studii vlivu globálních počátečních průhybů (GNIA-3D). Lokální počáteční průhyby, které ovlivňují lokální boulení plechu mezi jeho zalomením, nebyly zavedeny, neboť tvar příčného řezu je volen tak, aby



Obr. 8. Počáteční průhyby

$$e_{0,d} = \alpha (\bar{\lambda} - 0,2) k_y W_{el} / A, \tag{1}$$

kde
$$\lambda = \frac{\bar{L}/2}{i} = \frac{3\,049}{151} = 201,9,$$

$$\lambda_1 = \pi \sqrt{\frac{E}{f_y}} = \pi \sqrt{\frac{210\,000}{320}} = 80,5,$$

$$\bar{\lambda} = \frac{\lambda}{\lambda_1} \sqrt{\beta_A} = \frac{201,9}{80,5} \sqrt{1} = 2,51,$$

$$k_y = (1 - k_\delta) + 2k_\delta \bar{\lambda} = (1 - 0,33) + 2 \cdot 0,33 \cdot 2,51 = 2,33,$$

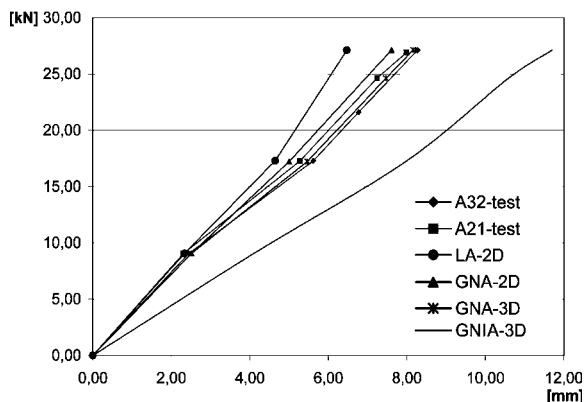
$$\alpha = 0,21 \text{ (křivka a).}$$

Po dosazení vychází

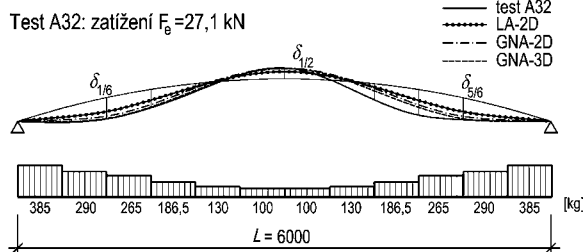
$$e_{0,d} = 0,21 (2,51 - 0,2) \cdot 2,33 \cdot \frac{14\,638}{1242} = 133 \text{ mm.}$$

Porovnání zkoušek s numerickou analýzou

Všechny experimenty byly numericky ověřeny analýzami LA-2D, GNA-2D, GNA-3D a GNIA-3D. Nejlepší shodu s experimenty vykazala GNA-3D (viz obr. 9 a obr. 10 pro symetrické zatížení a obr. 11 a obr. 12 pro nesymetrické zatížení). Takový výsledek byl očekáván, neboť počáteční průhyby nebyly při zkouškách zjištěny. Nicméně vliv počátečních průhybů je významný (obr. 9, obr. 11) a musí být při návrhu konstrukce zaveden (buď analýzou GNIA-3D, nebo GNIA-2D).



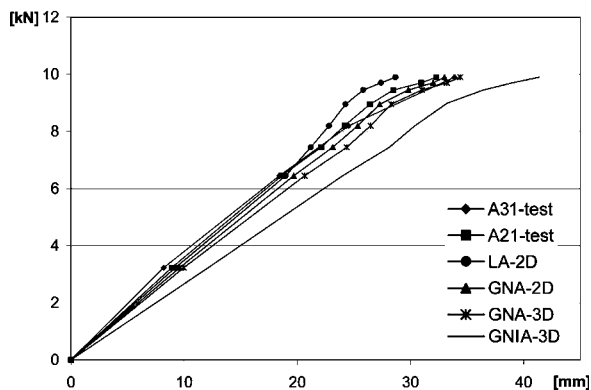
Obr. 9. Symetrické zatížení – průhyby δ v $L/6$



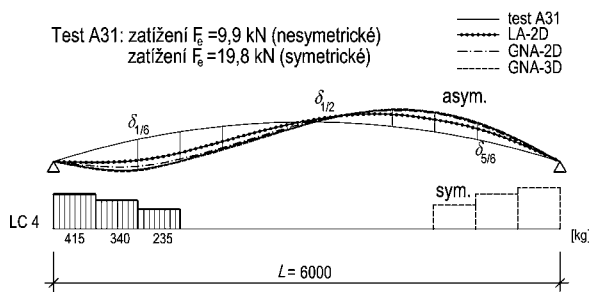
Obr. 10. Symetrické zatížení – průhyby podle testu a numerické analýzy, tvar zatížení

Tab. 1. Geometrie oblouků v parametrické studii

Rozpětí	Profil	Schéma	h/L	K
L=6000	TR 40 h=470		0,08	114
	TR 70 h=300		0,05	49
	TR 107 h=300		0,05	37
L=7500	TR 70 h=470		0,06	61
	TR 107 h=375		0,05	46
L=9000	TR 107 h=530		0,06	55



Obr. 11. Nesymetrická část zatížení – průhyby δ v $L/6$



Obr. 12. Nesymetrická část zatížení – průhyby podle testu a numerické analýzy, tvar zatížení

Parametrická studie

Parametrická studie zahrnuje všechny obloukové trapezové profily vyráběné v roce 2004 [7]. Šlo o profily TR 40/160, TR 70/200 a TR 107/250, všechny s tloušťkou 0,75; 0,88; 1,00; 1,25; 1,50 mm. Rozpětí a vzezření oblouků (tab. 1) bylo určeno vzhledem k výšce podpůrných průvlaků a zabrá-

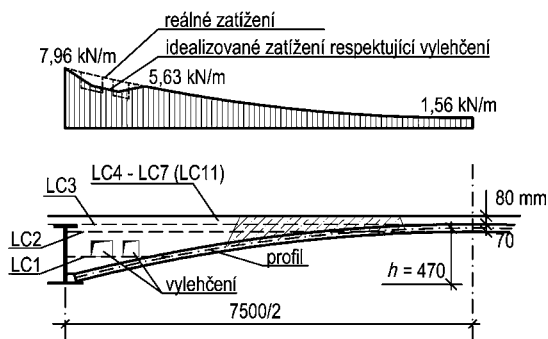
nění prolomení oblouků podle vztahu

$$L \left(\sqrt{\frac{A}{12I_y}} \right) > K, \quad (2)$$

kde $K \in \langle 35; 23 \rangle$ pro $h/L \in \langle 0,05; 0,075 \rangle$,
 A, I_y jsou plocha a moment setrvačnosti trapézového profilu.

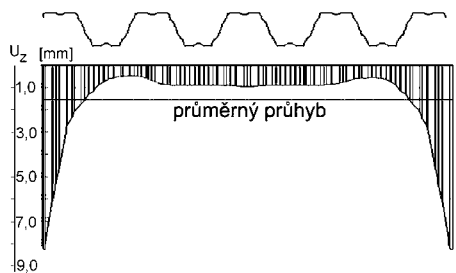
Ve studii byla použita analýza GNIA-3D podle odstavce 3.1, s počátečním průhybem podle vztahu (1). Amplitudy počátečních průhybů v závislosti na rozpětí a parametrech příčného řezu činí 13 až 45 mm. K ověření vlivu počátečních průhybů byla provedena i analýza GNA-3D.

Zatěžovací stavy byly voleny podle předpokládané technologie provádění, se zatížením pro lehký beton (1 700 kg/m³). První stav (LC1) odpovídal zabetonování poloviny výšky oblouku. Stav LC2 odpovídal vybetonování až po spodní vlákna trapézového oblouku ve středu rozpětí a LC3 vybetonování k horním vláknům oblouku. Další stavy zahrnovaly vrstvy po 10 mm betonu až do finální tloušťky 80 mm betonové desky nad horními vlákny oblouku pro LC11 (obr. 13). Vliv vylehčovacích otvorů v betonové desce se ukázal jako nepodstatný (v průhybech činil ve všech případech méně než 5 %), a proto byla parametrická studie provedena pro charakteristické zatížení plnou betonovou deskou.



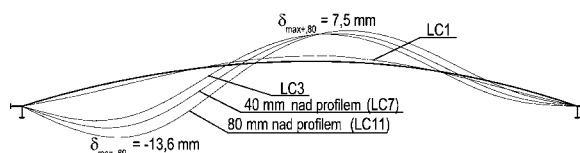
Obr. 13 Zatěžovací stavy LC1-LC7 (LC11)

Průhyb samostatného profilu od uvažovaného rovnoměrného zatížení je v příčném řezu nerovnoměrný (obr. 14). Pro porovnání s mezní hodnotou $L/250$ byl vždy použit průhyb průměrný. Ve skutečné konstrukci stropu jsou však profily podélně spojeny jednostrannými nýty zajišťujícími spolupůsobení profilů, takže průměrný průhyb je hodnotou konzervativní. Zvýšené průhyby je nutné očekávat pouze u krajů koncových profilů, není-li provedeno např. podélné uložení na nosnících.

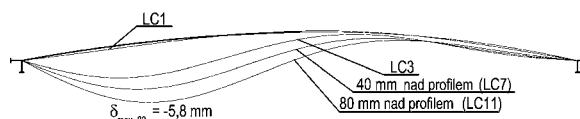


Obr. 14. Průhyb příčného řezu trapézového oblouku

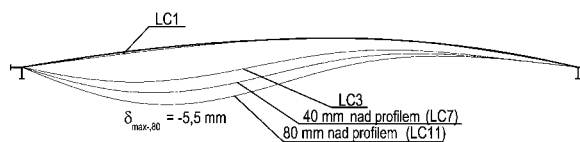
Typické průběhy průhybů oblouků s rozpětím 6 m jsou pro různé profily uvedeny na obr. 15 až obr. 17. Je však nutné opět připomenout, že při analýze byly uvažovány počáteční průhyby v kritickém tvaru dvou sinusových polovin a s amplitudou $e_{0,d}$.



Obr. 15. Průhyby oblouku TR 40/160/1.0 s rozpětím 6 m

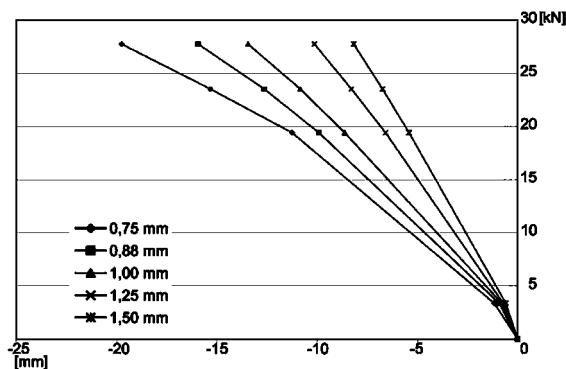


Obr. 16. Průhyby oblouku TR 70/200/1.0 s rozpětím 6 m

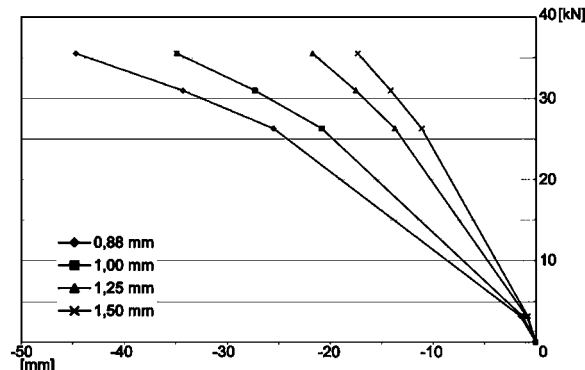


Obr. 17. Průhyby oblouku TR 107/250/1.0 s rozpětím 6 m

Podobná analýza byla provedena pro rozpětí 7,5 m s profily TR 70/200 a TR 107/250. Na obrázku 18 jsou uvedeny souhrnné výsledky pro různou tloušťku profilů oblouků. Pro rozpětí 9 m jsou vhodné pouze profily TR 107/250. Z hlediska průhybů přitom vyhověl podmínce mezního průhybu $\delta_{max} < L/250 = 36$ mm plech tlustý nejméně 1,0 mm, zatímco z hlediska napětí tloušťky pouze 1,5 mm (u tenčích plechů dochází k plastizaci některých vláken příčného řezu), obr. 19.



Obr. 18. Průhyby oblouků TR 70/200 s rozpětím 7,5 m



Obr. 19. Průhyby oblouků 107/250 s rozpětím 9 m

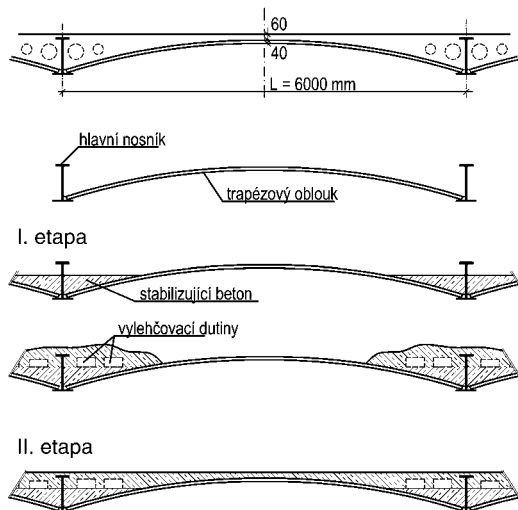
Z porovnání výsledných průhybů, získaných analýzou GNIA-3D a GNA-3D, plyne, že vliv počátečních průhybů činí u některých případů až 35 %. Jejich vliv proto nelze zanedbat a konstrukci je nutné vždy analyzovat GNIA.

Podmínky a doporučení pro návrh

Pro návrhové podmínky byla provedena nová studie s lehkým betonem o hmotnosti $1\,700\text{ kg/m}^3$ (podle EN 206 označovaného D1,8) s dílčím součinitelem spolehlivosti zatížení $\gamma_F = 1,5$. Místo doporučeného (evropského) součinitele s hodnotou 1,35 byla hodnota zvýšena s ohledem na možné nepříznivé podmínky při betonáži (např. montážní zatížení a hromadění betonu, analyzované v předcházejících odstavcích). Zvýšení zatížení o 50 % bylo provedeno v posledním zatěžovacím stavu uvedeného u parametrické studie (tzn. v závislosti na výsledné tloušťce železobetonové desky ve stavech LC7 až LC11). Výsledky studie jsou uvedeny v tab. 2, kde lze pro dané rozpětí a tloušťku betonové desky nad horními vlákny obloukového profilu stanovit profil zajišťující splnění mezního průhybu $L/250$ a pružné chování oblouku. Přitom je nutné upozornit na nepříznivé chování oblouku pro nesymetrická zatížení a při hromadění betonu, kterému je nutné při betonáži zabránit.

Tab. 2. Použitelnost trapézových oblouků (pro lehký beton s hmotností $1\,700\text{ kg/m}^3$)

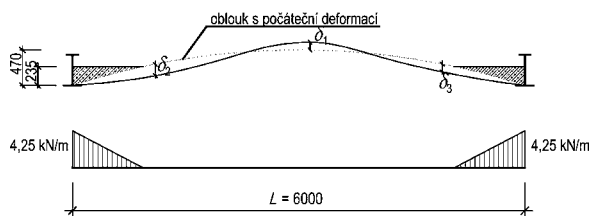
Profil	t [mm]	Tloušťka betonové vrstvy nad horními vlákny profilu TR [mm]								
		L = 6 000 mm			L = 7 500 mm			L = 9 000 mm		
		40	50	60	60	70	80	60	70	80
TR40/160	0,75									
	0,88	x								
	1,00	x	x							
	1,25	x	x	x						
	1,50	x	x	x						
TR 70/200	0,75	x	x	x						
	0,88	x	x	x						
	1,00	x	x	x	x	x				
	1,25	x	x	x	x	x	x			
	1,50	x	x	x	x	x	x			
TR107/250	0,75	x	x	x						
	0,88	x	x	x	x	x				
	1,00	x	x	x	x	x	x			
	1,25	x	x	x	x	x	x	x		
	1,50	x	x	x	x	x	x	x	x	



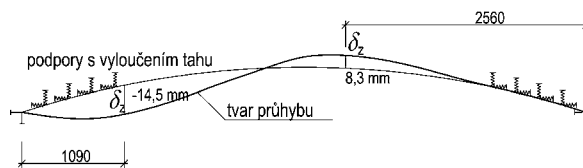
Obr. 20. Dvoufázová betonáž

Nový technologický postup betonáže ve dvou fázích (obr. 20) navrhl Davies se spolupracovníky [6]. V první etapě je nejprve vybetonována pouze polovina výšky oblouku, která

po zatvrdnutí betonu příčně stabilizuje podpurné nosníky, poskytuje podporu pro uložení betonářské výztuže, popř. i pro uložení forem pro vylehčovací otvory. Teoretická analýza GNIA-2D této technologie byla provedena pro oblouk TR 40/160/1,0 a rozpětí $L = 6\text{ m}$. První fáze je obdobná již uvedenému řešení (obr. 21). Pro druhou fázi je však nutné použít jiný model, vycházející z deformovaného tvaru oblouku první fáze a se zavedením podpor v místech vybetonované části (zatvrdlý beton brání posunu), avšak s vyloučením tahu (obr. 22).

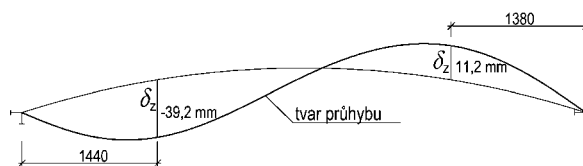


Obr. 21. Dvoufázová betonáž – první fáze

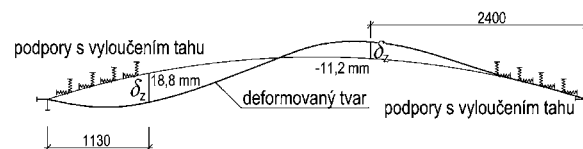


Obr. 22. Dvoufázová betonáž – druhá fáze

Pro symetrické zatížení se dvoufázovou betonáží výsledné průhyby zmenšily o cca 20 %. Mnohem výhodnější se však dvoufázová betonáž ukázala pro nesymetrická zatížení. Výsledné průhyby pro betonáž v jedné a ve dvou fázích jsou pro nesymetrické zatížení odpovídající polovině celkového zatížení ukázány na obr. 23 a obr. 24. Redukce průhybů u dvoufázové betonáže činí 48 %. Dvoufázová betonáž tak vede k mnohem příznivějšímu chování trapézových oblouků a vyšší bezpečnosti práce při montáži.



Obr. 23. Betonáž v jedné etapě – konečný průhyb pro nesymetrické zatížení



Obr. 24. Betonáž ve dvou fázích – konečný průhyb pro nesymetrické zatížení

Závěr

Výsledky zkoušek byly potvrzeny numerickými analýzami a prokázaly použitelnost trapézových oblouků jako ztraceného bednění pro štíhlé stropy a obdobné aplikace. V použitelné oblasti dané mezním průhybem se trapézové profily chovají pružně. Při praktickém návrhu určuje geometrii oblouku též potřebná tloušťka betonové desky ve vrcholu oblouku. Při jejím stanovení je nutné pamatovat na deformaci trapézového oblouku při betonáži.

Návrh trapézových oblouků lze provést podle *tabulek 1 a 2*, které vycházejí z prostorové nelineární analýzy s uvažováním počátečních průhybů (GNIA-3D) a zvětšeného návrhového zatížení lehkým betonem (1 700 kg/m³). Zároveň se však doporučuje použít dvoufázovou technologii, a pokud možno, zamezit vzniku nesymetrických zatížení, čímž se výrazně sníží deformace trapézových oblouků při betonáži. Vložení vylehčovacích otvorů do cípů betonové desky u podpor může dále snížit průhyby profilů až o 5 %. Normální beton dává vyšší zatížení a jeho použití se nedoporučuje.

Návrh trapézových oblouků musí být geometricky nelineární, se zavedením počátečních průhybů v kritickém tvaru dvou sinusových polovin. Může však být proveden pouze v rovině oblouku (GNIA-2D), neboť rozdíl proti prostorové analýze (GNIA-3D) je zanedbatelný.

Pět let trvající výzkum byl podporován z prostředků GA ČR, v současnosti projektu č. 103/05/2003. Poděkování patří firmě Kovové profily, s. r. o., za částečné sponzorování výzkumu a Ing. M. Lebrovi, CSc., za spolupráci.

Literatura

- [1] Marek, J. – Macháček, J.: Thin-Walled Arched Steel Sheeting as Formwork for Slim Floors. Proc. MBMST Conf. "Modern Building Materials, Structures & Techniques". Vilnius, 2001, pp. 213–214 + CD.
- [2] Zeman & Co.: Arch deck. Wien, Prospectus 1993, 10 s.
- [3] Rathbone, A.: Arched Metal Deck Flooring System. Freiburg, CSC Ltd. 1994, 6 p.
- [4] Lawson, R. M. – Mullet, D. L. – Rackham, J. W.: Design of Asymmetric "Slimflor" Beams Using Deep Composite Decking. The Steel Construction Institute, SCI P 175, Ascot, 1997, 116 p.
- [5] Bode, H. – Däuwel, T.: Design of Composite Slabs Using Deep Profiled Trapezoidal Sheeting. Proc. ASCE Conf. "Composite Construction In Steel and Concrete IV". Banff, 2000, pp. 344–354.
- [6] Davies, J. M. – Horton, D. – Yedon, R. E.: Arched Metal Decks. Proc. Intern. Conf. "9th Nordic Steel Construction Conference", Helsinki, 2001, pp. 203–210.
- [7] Kovové profily, s. r. o., Přehled sortimentu. 2005, www.kovprof.cz.

Marek, J. – Macháček, J.: Arched Trapezoidal Steel Sheeting for Slim Reinforced Concrete Floors

Slim floors using shallow arched trapezoidal steel sheeting as a permanent formwork for its reinforced concrete structure were invented in the 1990's, following introduction of a new production technology of arched sheeting. Such an arrangement makes it possible to span 6–9 m avoiding the use of special deep profile sheeting. The authors have published [1] results of their extensive testing of arched sheeting produced by VIKAM Company (TR 40/160/1,0), spanning 6 m with an arch radius of 9.8 m and a rise of 0.47 m under various loading conditions. In this paper, the reported theoretical investigation based on 3D (and 2D) FEM analysis covers a full range of the VIKAM produced arched sheeting. Considerations about the initial deflections and the necessity of geometrically and/or materially non-linear analysis are presented in detail. Calibration of the theoretical analysis against the test results is performed and the limit states suitable for practical use are determined. Elastic deflections proved to be the decisive criterion for both symmetric and asymmetric loadings, while the latter, as well as heaping loading should be avoided as much as possible. Finally, recommendations for practice viewing both the technology and the limit state are given.

Marek, J. – Macháček, J.: Stahltrapezbögen für schlanke Stahlbetondecken

In den neunziger Jahren des vergangenen Jahrhunderts wurde die Konstruktion einer in flache Stahltrapezbögen betonierten schlanken Decke entwickelt. Ein neues Verfahren zur Herstellung von Trapezbögen ermöglichte es, Spannweiten von 6 bis 9 m zu überspannen. Die Autoren des Artikels haben die Ergebnisse umfangreicher Experimente mit von der Firma VIKAM hergestellten Bögen (TR 40/160/1,0) mit der Spannweite 6 m mit einem Bogenradius von 9,8 m und einer Überhöhung von 0,47 m für verschiedene Belastungen veröffentlicht [1]. In diesem Beitrag wird eine theoretische dreidimensionale (und zweidimensionale) Untersuchung nach der Methode der finiten Elemente für alle von der Firma VIKAM produzierten Trapezbögen vorgestellt. Darin wird die Notwendigkeit der Einführung der anfänglichen Durchbiegungen und der geometrischen bzw. materialbedingten Nichtlinearität in die Berechnungen analysiert. Die theoretische Lösung ist nach den Versuchsergebnissen kalibriert, und es ist der Grenzzustand für die praktischen Anwendungen festgelegt. Entscheidendes Kriterium für symmetrische und asymmetrische Belastungen ist die elastische Durchbiegung mit der Maßgabe, dass es günstig ist, asymmetrische Belastungen und eine Anhäufung von Beton an den Auflagern möglichst zu eliminieren. Im Resümee werden praktische Empfehlungen für die Ausführung der Konstruktion und die Bestimmung des Grenzzustandes gegeben.

Ústav teoretické a aplikované mechaniky Akademie věd ČR

pořádá

7. konferenci Evropské komise "SAUVEUR"

Zachráněné kulturní dědictví – záruka porozumění a života v rozšířené Evropě

31. května – 3. června 2006, Reprezentační prostory Pražského hradu

Cílem konference je konsolidace a zhodnocení dopadů výsledků evropských výzkumných projektů v oblasti movitého a nemovitého kulturního dědictví. Konference bude speciálně změřena na využití výsledků výzkumu kulturního dědictví a prověření ochoty uživatelů, malých a středních podniků, vlastníků, manažerů, restaurátorů a konzervátorů kulturního dědictví akceptovat nové technologie a nové trvale udržitelné přístupy k ochraně památek.

Využití ortogonálních polynomů u metody nejmenších čtverců

Ing. Filip REJMAN
 ČVUT – Fakulta stavební
 Praha

Článek pojednává o způsobu aproximace měřené řady polynomem n -tého stupně za použití ortogonálních polynomů vedoucí ke zjednodušení výpočtů při vyrovnání. Metoda vyrovnání je ukázána na příkladu.

V praxi velmi často nastává situace, kdy jsme nuceni aproximovat diskrétní řadu měřených veličin vhodnou funkcí. Naměřené hodnoty $f(x_i)$ určují vektor $f = (f(x_0), \dots, f(x_n))$, $n + 1$ je počet měření, $m + 1$ je počet základních funkcí při současném splnění podmínky $m \leq n + 1$. Hodnoty x_i považujeme za bezchybné. Tyto hodnoty aproximujeme metodou nejmenších čtverců lineární kombinací

$$\varphi = a_0\varphi_0 + a_1\varphi_1 + \dots + a_m\varphi_m = \sum_{j=0}^m a_j\varphi_j, \quad (1)$$

určených základními funkcemi $\varphi_0, \dots, \varphi_m$; a_0, \dots, a_m jsou násobné koeficienty aproximující funkce, které představují neznámé. Každá základní funkce je reprezentována funkčními hodnotami, tedy $\varphi_j = (\varphi_j(x_0), \dots, \varphi_j(x_n))$. Při $n + 1$ bodech může být lineárně nezávislých funkcí nejvýše $n + 1$. Jsou-li hodnoty $f(x_i)$ měřeny s chybami, volíme počet základních funkcí menší než $n + 1$. Volíme je tak, aby byl minimální součet čtverců odchylek funkce f a její aproximace φ v uzlech [1], tj.

$$R(f, \varphi) = \sum_{i=0}^n [f(x_i) - \varphi(x_i)]^2 w_i = \min, \quad (2)$$

kde w_i je váhová funkce, kterou volíme v závislosti na konkrétní situaci. V geodézii tato funkce nezávisí na velikosti měření, ale na přesnosti; v případě stejné přesnosti tuto funkci volíme rovnu jedné. Podmínka (2) je splněna za předpokladu, že první derivace funkce $R(f, \varphi)$ podle a_j bude rovna nule, jinými slovy, bude-li vektor $f - \varphi$ ortogonální k systému vektorů $\varphi_j, j = 0, \dots, n$, tj. $((f - \varphi) \cdot \varphi_j) = 0$. Potom

$$\sum_{j=0}^m (\varphi_j, \varphi_k) a_j = (f, \varphi_k), \quad k = 0, 1, \dots, m. \quad (3)$$

Symbol závorky zde představuje skalární součin.

Do výpočtu parametrů a_k tak vstupuje inverze matice skalárních součinů:

$$\begin{pmatrix} (\varphi_0, \varphi_0) & (\varphi_0, \varphi_1) & \dots & (\varphi_0, \varphi_m) \\ (\varphi_0, \varphi_1) & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ (\varphi_0, \varphi_m) & \dots & \dots & (\varphi_m, \varphi_m) \end{pmatrix}.$$

Vzhledem ke složitosti výpočtu inverzní matice je výhodnější volit jednotlivé základní funkce tak, aby byla splněna jejich ortogonalita, tj. aby platilo

$$(\varphi_j, \varphi_k) = 0, \quad (\varphi_j, \varphi_k) \neq 0, \quad j, k = 0, 1, \dots, m. \quad (4)$$

Jednou z možností je volba funkcí φ_j jako reálné polynomy j -tého stupně

$$\varphi_j(x) = \sum_{i=0}^j a_i^{(j)} x^i, \quad a_0^{(j)} = 1, \quad j = 0, 1, \dots, m, \quad (5)$$

$a_i^{(j)}$ zde představuje i -tý koeficient polynomu j -tého stupně. Za uvedených předpokladů platí, že polynom 0. stupně se rovná jedné: $\varphi_0(x) = a_0^{(0)} = 1$. Polynom 1. stupně lze potom nalézt pomocí vztahů, které jsou podrobně odvozeny v [2]

$$\varphi_1(x) = (x - j_0 \cdot \gamma_0^{-1}) \cdot \varphi_0(x), \quad (6)$$

kde $\gamma_0(x) = (\varphi_0, \varphi_0) = \sum_{i=0}^n a_0^{(0)} \cdot a_0^{(0)} = (a_0^{(0)})^2$. $n = n$,

$$j_0(x) = \sum_{i=0}^n x_i \cdot \varphi_0^2(x_i) = \sum_{i=0}^n x_i.$$

Pro polynom j -tého stupně platí rekurentní vzorec

$$\varphi_{j+1}(x) = \gamma_j \cdot [\gamma_j^{-1} \cdot (x - j_j \cdot \gamma_j^{-1}) \varphi_j(x) - \gamma_{j-1}^{-1} \varphi_{j-1}(x)], \quad (7)$$

kde $\gamma_j = (\varphi_j, \varphi_j) = \sum_{i=0}^n x_i \cdot \varphi_j^2(x_i)$.

Za těchto předpokladů je matice skalárních součinů diagonální, což přináší několik pozitivních důsledků:

1. výpočet normálních rovnic se zdatelně zjednoduší, protože odpadá inverze matice skalárních součinů;
2. koeficienty a_j aproximující funkce lze počítat postupně. Jejich hodnoty zůstávají stejné bez ohledu na stupeň aproximující funkce. Lze je jednoduše spočítat podle vztahu

$$a_j = \frac{(f, \varphi_j)}{(\varphi_j, \varphi_j)} = \frac{(f, \varphi_j)}{\gamma_j} \quad j = 0, 1, \dots, m. \quad (8)$$

Jsou-li hodnoty x ekvidistantní, lze je transformovat např. na hodnoty \hat{x} , symetricky rozložené kolem počátku s ekvidistantnou rovnou jedné. Transformační vztah

$$\hat{x}_i = \frac{2x_i - x_0 - x_n}{2 \cdot (x_{i+1} - x_i)}, \quad \hat{x}_n = \hat{x}_{n-1} + 1; \quad (9)$$

x_0, x_n jsou krajní hodnoty x . V tomto případě lze použít soustavu ortogonálních Gramových polynomů, daných rekurentním vzorcem

$$\varphi_0(x) = 1, \quad \varphi_0(x) = x, \quad (10)$$

$$\varphi_{j+1}(x) = x \cdot \varphi_j(x) - \frac{j^2 [(m+1)^2 - j^2]}{4(4j^2 - 1)} \cdot \varphi_{j-1}(x) \quad j = 1, 2, \dots, m,$$

kde m je nejvyšší stupeň Gramova polynomu.

Základní postup výpočtu lze tedy shrnout takto:

- v případě ekvidistantních měření provedeme transformaci $x_i \rightarrow \hat{x}_i$;

- vypočítáme jednotlivé koeficienty $a_i^{(j)}$ pomocí odpovídajících ortogonálních polynomů;
- vypočítáme koeficienty aproximující funkce;
- vykonáme zpětnou transformaci $\hat{x}_i \rightarrow x_i$.

Jako příklad můžeme uvést postupnou aproximaci funkcemi prvního až pátého stupně. Předpokládejme ekvidistantní hodnoty x se střední hodnotou v nule a k nim přiřazené funkční hodnoty $f(x_i)$. Nejprve spočítáme funkční hodnoty Gramových polynomů prvního až pátého (tab. 1) pomocí rekurentního vzorce (7).

Tab. 1. Výpočet funkčních hodnot Gramových polynomů

Zadání			j	0	1	2	3	4	5
i	x_i	$f(x_i)$	i	$\varphi_0(x_i)$	$\varphi_1(x_i)$	$\varphi_2(x_i)$	$\varphi_3(x_i)$	$\varphi_4(x_i)$	$\varphi_5(x_i)$
1	-4,5	28	1	1	-4,5	10,25	-11,03	-24,19	182,3
2	-3,5	22	2	1	-3,5	2,25	19,43	-84,19	165,2
3	-2,5	6	3	1	-2,5	-3,75	28,88	-45,19	-79,53
4	-1,5	15	4	1	-1,5	-7,75	23,33	20,81	-186,7
5	-0,5	40	5	1	-0,5	-9,75	8,775	65,81	-91,41
6	0,5	21	6	1	0,5	-9,75	-8,775	65,81	91,41
7	1,5	56	7	1	1,5	-7,75	-23,33	20,81	186,7
8	2,5	32	8	1	2,5	-3,75	-28,88	-45,19	79,53
9	3,5	53	9	1	3,5	2,25	-19,43	-84,19	-165,2
10	4,5	12	10	1	4,5	10,25	11,03	-24,19	-182,3

Kontrolou správného výpočtu je hodnota skalárních součinů

$$(\varphi_j, \varphi_k) = 0, (\varphi_j, \varphi_j) \neq 0, j, k = 0, 1, \dots, m.$$

Následuje výpočet skalárních součinů (f, φ_j) , (φ_j, φ_j) a násobných koeficientů výsledné aproximující funkce (tab. 2), uvedených v (8).

Tab. 2. Výpočet násobných koeficientů aproximující funkce

j	0	1	2	3	4	5
$\gamma_j = (\varphi_j, \varphi_j)$	10	82,5	558,6	3 907	28 958	2E+05
(f, φ_j)	285	153,5	-708,8	-2 319	-3 506	5784
a_j	28,5	1,861	-1,269	-0,593	-0,121	0,026

Určíme jednotlivé členy aproximujícího polynomu (tab. 3).

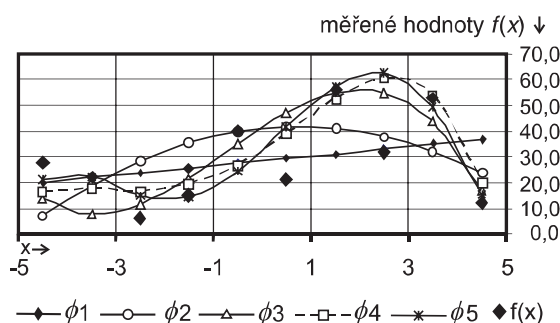
Tab. 3. Členy aproximujícího polynomu

i	$a_{0,\varphi_0(x_i)}$	$a_{1,\varphi_1(x_i)}$	$a_{2,\varphi_2(x_i)}$	$a_{3,\varphi_3(x_i)}$	$a_{4,\varphi_4(x_i)}$	$a_{5,\varphi_5(x_i)}$
1	28,5	-8,373	-13,005	6,543	2,929	4,791
2	28,5	-6,512	-2,855	-11,528	10,194	4,34
3	28,5	-4,652	4,758	-17,136	5,472	-2,09
4	28,5	-2,791	9,833	-13,843	-2,52	-4,906
5	28,5	-0,93	12,37	-5,208	-7,969	-2,402
6	28,5	0,93	12,37	5,208	-7,969	2,402
7	28,5	2,791	9,833	13,843	-2,52	4,906
8	28,5	4,652	4,758	17,136	5,472	2,09
9	28,5	6,512	-2,855	11,528	10,194	-4,34
10	28,5	8,373	-13,005	-6,543	2,929	-4,791

Postupným přičítáním dílčích členů dostáváme výslednou aproximující funkci odpovídajícího stupně (tab. 4). Jednotlivé aproximující funkce jsou zřejmé z grafu na obr. 1.

Tab. 4. Hodnoty aproximujících funkcí

i	φ^1	φ^2	φ^3	φ^4	φ^5
1	20,13	7,123	13,67	16,59	21,39
2	21,99	19,13	7,605	17,8	22,14
3	23,85	28,61	11,47	16,94	14,85
4	25,71	35,54	21,7	19,18	14,27
5	27,57	39,94	34,73	26,76	24,36
6	29,43	41,8	47,01	39,04	41,44
7	31,29	41,12	54,97	52,45	57,35
8	33,15	37,91	55,05	60,52	62,61
9	35,01	32,16	43,69	53,88	49,54
10	36,87	23,87	17,33	20,25	15,46



Obr. 1. Průběh jednotlivých aproximujících funkcí $f(x)$ – měřené hodnoty, φ_i ($i = 1, \dots, 5$) – aproximující polynomy i -tého stupně

Závěrem je třeba zdůraznit, že větší počet aproximujících funkcí pomůže lépe určit, zda měřená data sledují určitý trend, přičemž vyšší stupeň aproximace může tento trend lépe vystihnout. Je však třeba mít na paměti, že se zvyšujícím se stupněm aproximace klesá počet nadbytečných měření, což nepříznivě ovlivňuje podstatu vyrovnání.

Literatura

[1] Matušů, J.: Ortogonální systémy. Praha, SNTL 1982, 91 s.
 [2] Korous, J.: Vybrané stati z matematiky: Ortogonální funkce a ortogonální polynomy. Praha, SNTL 1958, 326 s.
 [3] Hampacher, M. – Radouch, V.: Teorie chyb a vyrovnávací počet 10. Praha, Vydavatelství ČVUT 1997, 159 s.

Rejman, F.: Exploitation of Orthogonal Polynomials as Part of the Least Square Method

This paper outlines a method of approximation of a measured series by a polynomial of the n -th power using orthogonal polynomials aimed at a simplification of calculations in adjustment. The adjustment method is shown in an example.

Rejman, F.: Anwendung orthogonaler Polynome bei der Methode der kleinsten Quadrate

Der Artikel behandelt die Art und Weise der Approximation einer Messreihe mit einem Polynom n -ten Grades unter Verwendung orthogonaler Polynome, was zur Vereinfachung der Berechnungen bei der Ausgleichung führt. Die Ausgleichsmethode wird an einem Beispiel gezeigt.

Modelování elektrického pole pomocí softwaru TriComp 5.0

Ing. Zoja GUSCHLOVÁ
Ing. Jindřich MATOUŠEK
doc. Ing. Václav KURÁŽ, CSc.
ČVUT – Fakulta stavební
Praha

V článku je nastíněna problematika modelování elektrického pole sondy používané pro měření vlhkosti půdy softwarem TriComp 5.0. Výsledky naznačují směr dalšího vývoje z hlediska nejhodnějšího rozložení potenciálu kolem elektrod.

Úvod

Sledování vlhkosti půdy je velmi důležité nejen z pedologického hlediska. Umožní nám především lépe pochopit probíhající vodní režim ve sledovaném terénu, a tím napomůže ke zvolení vhodných postupů, např. pro znovuobnovení půdní struktury. Metody zabývající se měřením půdní vlhkosti lze rozdělit podle různých kritérií. Nejčastěji se dělí na metody přímé, kterými se stanovuje obsah vody v půdě, a nepřímé, u kterých se měří fyzikální veličina funkčně závislá na vlhkosti (např. elektrický odpor, relativní permitivita, pohlcování γ -záření). U přímých metod se za základní považuje gravimetrická metoda, která patří jak u nás, tak v celosvětovém měřítku, k nejpoužívanějším. Navíc je to jediná metoda doposud používaná ke kalibraci nepřímých metod měření vlhkosti půdy. Mezi tzv. nepřímé metody patří elektrické metody měření půdní vlhkosti, které lze dále rozdělit na vodivostní (odporové), dielektrické, neutronové a metodu dálkového průzkumu Země (DPZ).

Dielektrická metoda v současnosti patří mezi nejpoužívanější. Principem, který se uplatňuje i u některých metod dálkového průzkumu Země, je funkční závislost relativní permitivity ϵ_r na vlhkosti. Jednou z aplikací je dielektrický měřič vlhkosti zemin (DSMM) [1] se základním principem převodu frekvence a kapacity. Elektrody umístěné v plášti měrné sondy tvoří kondenzátor, jehož kapacita je při měření proměnná s vlhkostí. Kondenzátor je součástí měrného oscilačního obvodu, jehož rezonanční frekvence je proměnná se změnou kapacity kondenzátoru vlivem změny vlhkosti. Resonanční frekvence měrného oscilátoru je směšována s konstantní frekvencí druhého oscilačního obvodu a rozdílová frekvence je dále vyhodnocována. Uvedený princip byl použit proto, že závislost relativní permitivity (při dané frekvenci) je nelineární funkcí vlhkosti. V případě, že rozkladění oscilátorů je dostatečně nízké (do 10 % základní frekvence), závislost rozdílové frekvence, tedy hodnoty, která je výstupem měření vlhkosti, je přibližně lineární.

Tento princip se běžně používá i u dalších komerčně vyráběných dielektrických vlhkoměrů. Výhodou DSMM je jednoduché měření a zanedbatelný vliv změny chemického složení a teploty na výsledky měření. Při měření v novodurové přístupové pažnici, pevně osazené v terénu, je možno měřit již od 5 cm pod povrchem v rozmezí 5 až 10 cm a lze poměrně přesně detekovat výšku hladiny podzemní vody (při zaslepené pažnici), případně v zimním období je možno

měřit hloubku promrznutí. Kalibrační čára je přibližně lineární, mimo přímého odečtu naměřených hodnot z obrazovky je možno použít k zápisu a dalšímu zpracování dat notebook, popř. dálkový přenos dat.

Pro měření se používají tyče o délce $L_{\min} = 15$ až 20 cm. Vzhledem k nutnosti velmi přesného měření postupové doby t jde o poměrně komplikované a nákladné zařízení. Výrobce většinou udává tovární kalibrační závislost pro běžné půdní podmínky bez náročnosti přesného měření.

Modelování elektrického pole sondy

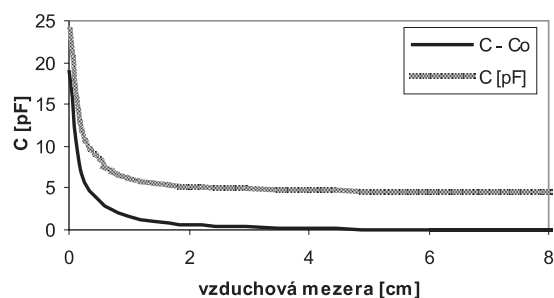
Při modelování elektrického pole umožnil softwar TriComp 5.0 zadávat jak měnící se velikost elektrod, tak vzdálenost elektrod od sebe, velikost vzduchové mezery mezi elektrodou a dielektrikem i měnící se velikost relativní permitivity měřené půdy. Model obsahoval pět regionů s proměnnými parametry, zadanými pro každý prvek zvlášť. Jelikož sonda měla válcovou geometrii a byla osově souměrná podle osy x , využili jsme tohoto faktu pro zjednodušení modelování našeho zařízení daným programem a zpracovali jen polovinu sondy. Proměnná vzdálenost elektrod od sebe byla zadávána od 1 do 3 cm, proměnná relativní permitivita ϵ_r byla volena od 1 do 40 a velikost vzduchové mezery mezi elektrodou a měřeným médiem od 0 do 10 cm.

Pro jednotlivé sondy byly vytvořeny modely, které svými parametry odpovídaly reálným hodnotám, ty bylo nutno dále analyzovat. Jako první byl vytvořen model sondy, u něhož byla vzdálenost mezi elektrodami nastavena na 1 cm a relativní permitivita vzduchu $\epsilon_r = 1$. Zároveň byla vzduchová mezera mezi elektrodou a médiem nastavena nejdříve na 0 cm, postupně se zvětšovala až na 6 cm, vždy po jednom centimetru.

U jednotlivých sond byla prozkoumávána závislost velikosti a dosahu potenciálu na vzduchové mezeře mezi elektrodou a dielektrikem. Byla vypočítána (tab. 1) celková energie W , celková kapacita C a dále byla graficky zobrazena změna kapacity sondy v závislosti na vzduchové mezeře (obr. 1).

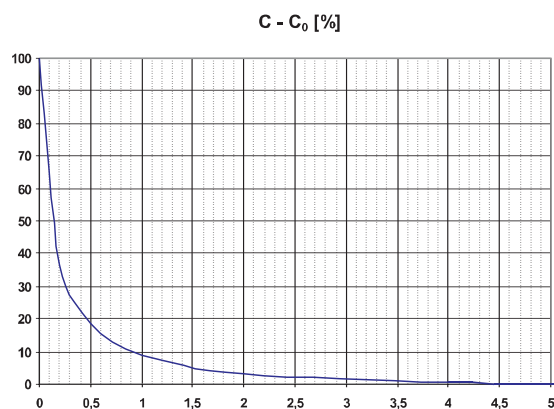
Tab. 1. Závislost kapacity kondenzátoru na velikosti vzduchové mezery

Soubor	Vzduchová mezera [cm]	Celková		$C-C_0$	
		energie W [J]	kapacita C [pF]	[pF]	[%]
VM_01	0,0	1,19E-07	23,76	19,05	100,0
VM_0022	0,2	5,85E-08	11,70	6,99	36,7
VM_0052	0,5	4,12E-08	8,24	3,53	18,5
VM_012	1,0	3,19E-08	6,39	1,68	8,8
VM_02	2,0	2,66E-08	5,32	0,61	3,2
VM_04	4,0	2,43E-08	4,85	0,14	0,7
VM_06	6,0	2,38E-08	4,75	0,04	0,2
VM_1	10,0	2,36E-08	4,71	0,00	0,0



Obr. 1. Změna kapacity sondy v závislosti na vzduchové mezeře

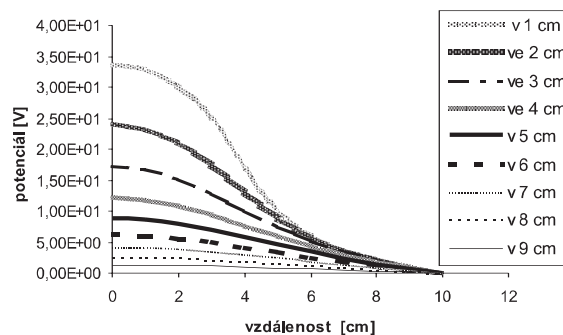
Následně byla vytvořena grafická závislost pro jednotlivé vzduchové mezery mezi elektrodou a dielektrikem (tab. 2), která znázorňuje procentní rozdíl kapacity na velikosti vzduchové mezery (obr. 2). Pro každý model byl zpracován graf s průběhem potenciálu závislým na vzdálenosti (0 až 10 cm) od osy x (obr. 3).



Obr. 2. Rozdíl kapacity na velikosti vzduchové mezery

Tab. 2. Závislost procentního rozdílu kapacity na velikosti vzduchové mezery

Vzduchová mezera [cm]	0,00	0,20	0,50	1,00	2,00	4,00	6,00	10,00
$C - C_0$ [%]	100,00	36,70	18,50	8,80	3,20	0,70	0,20	0,00

Obr. 3. Průběh potenciálu závislého na vzdálenosti od osy x

Závěr

Článek objasňuje postup měření vlhkosti dielektrickou metodou. Pozornost byla zaměřena na modelování elektrického pole kondenzátoru s cílem optimalizovat velikost elektrod, jejich vzdálenost a další geometrické uspořádání měřicího zařízení (vliv uspořádání, vzdálenost kondenzátoru od měřené zeminy apod.). Po zkouškách pomocí softwaru TriComp 5.0 se hlavním problémem jevil úbytek potenciálu v závislosti na vzdálenosti od elektrody. Ukázalo se, že v prvních třech centimetrech od elektrody vykazuje ztráta již 50% úbytek celkového potenciálu, mezi třetím a čtvrtým centimetrem okolo 20%. Za touto hranicí bylo měření již velmi nepřesné vzhledem k minimálnímu potenciálu. Předpokladem přesného měření je co nejpřesnější usazení pažnic, aby nevznikaly v jejich okolí kavery, popř. ztuhlé části zeminy.

Příspěvek vznikl v rámci řešení projektu cíleného výzkumu č. IQS600660505 AV ČR.

Literatura

- [1] Kuráž, V. – Matoušek, J.: Dielektrický měřič vlhkosti zemin. Autorské osvědčení č. 172234. Praha, 1978.
- [2] Matoušek, J.: Měření vlhkosti půdy dielektrickou metodou – modelace dielektrického pole. [Rigorózní práce], ČVUT Praha, 2003.
- [3] Kutílek, M. – Kuráž, V. – Císlarová, M.: Hydroopedologie 10. Praha, Vydavatelství ČVUT 2000.

Guschlová, Z. – Matoušek, J. – Kuráž, V.: Modelling of Electrical Field Using TriComp 5.0 Software

This study is mainly aimed at the modelling of the electric field of the probe used for dielectric soil moisture content measurement. TriComp 5.0 software was used for the modelling. Based on the results of the dielectric field distribution, the conclusions concerning optimization of electrodes configuration can be deduced.

Guschlová, Z. – Matoušek, J. – Kuráž, V.: Modellierung eines elektrischen Feldes mit Hilfe der Software TriComp 5.0

Im Artikel wird die Problematik der Modellierung des elektrischen Feldes einer bei der Bodenfeuchtheitsmessung eingesetzten Sonde angerissen, die mit der Software TriComp 5.0 ausgeführt wurde. Die Ergebnisse deuten die weitere Entwicklungsrichtung vom Gesichtspunkt der geeignetsten Verteilung des Potentials um die Elektroden an.

Návrh skenovacího systému s virtuálními binárními značkami

Ing. Martin ŠTRONER, Ph.D.
doc. Ing. Jiří POSPÍŠIL, CSc.
ČVUT – Fakulta stavební
Praha

Článek se zabývá návrhem a realizací skenovacího systému pro dokumentaci menších předmětů zejména v památkové péči. Systém využívá promítání virtuálních značek s binárním kódem na skenovaný předmět, který je snímán digitální kamerou. V první etapě jeho vývoje byl vybrán a ověřován základní princip generování a vyhodnocování snímaných značek.

Úvod

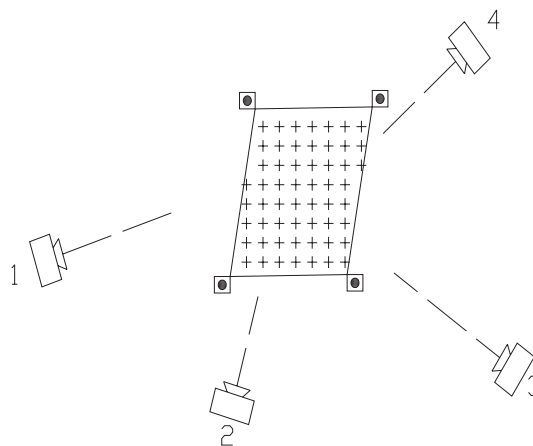
Využití prostorových skenerů (3D) pro dokumentaci památkových objektů dává možnost zrychlit a pozvednout na vyšší úroveň dokumentaci i velmi složitých předmětů, kterou lze jinými metodami jen obtížně provést. Nejnovějším způsobem získání velkého množství podrobných bodů je technologie, která získává bezdotykově prostorové informace o povrchu těles automaticky a v krátkém čase. Získaná data umožňují vytvoření prostorového modelu objektu a s využitím příslušného programového vybavení i virtuální prohlížení a manipulaci.

Vědecký tým kolem doc. Pospíšila se již delší dobu zabývá skenovacími systémy, mimo jiné při řešení projektu č. 103/02/0357 GA ČR „Moderní optoelektronické metody topografie ploch“, jejich ověřováním a také návrhem a realizací levných zařízení využitelných pro skenování předmětů menších rozměrů. V současné době v rámci projektu č. 205/04/1398 GA ČR „Využití 3D skenerů v geodézii a památkové péči“ probíhá ověřování a další vývoj laserového a optického rotačního skeneru (LORS) [1], [2], [3]. Tento systém umožňuje na jednoduchém principu skenovat předměty, které je možné stabilně umístit na rotační platformu a nechat je otáčet. Je při tom vhodné, aby skenovaný předmět měl konvexní charakter, nejlépe blízký rotačnímu tělesu. Zároveň rotaci objektu musí umožnit jeho další vlastnosti, jako např. hmotnost či konzistence, a musí být při rotaci stabilní. Protože některé objekty těmito podmínkám nevyhovují, byl v rámci řešení projektu č. 205/04/1398 GA ČR zahájen vývoj digitálního skeneru, jenž je založen na principu, který nemá tato omezení.

Princip skeneru

V první fázi byl navržen skener využívající dvě vzájemně stabilně umístěné kamery o známých prvcích vnitřní a vnější orientace. Totožné body na snímcích měly být určovány pomocí křížové korelace. Bohužel, tento princip se ukázal pro účely skenování převážně monomateriálních a nečlenitých tvarů jako nespolehlivý. Proto bylo jako další směr výzkumu zvoleno signalizování virtuálních kódových značek. Další úpravou původní konfigurace systému je využití vličovacích bodů pro určení polohy snímací kamery, což přináší možnost využít pro měření a následný výpočet libo-

volný počet stanovisek, a tedy zvýšit přesnost měření s využitím pouze jedné kamery, a zároveň to přináší možnost zvolit konfiguraci stanovisek podle tvaru a rozměru objektu. Nevýhodou je pak nutnost určovat prvky orientace kamery při každém měření a na každém stanovisku. Na obrázku 1 je pro představu zobrazena možná konfigurace měření. Virtuální značky jsou na objekt generovány standardním dataprojektorem, který umožňuje experimentovat libovolným způsobem s tvarem, barvou a dalšími vlastnostmi signalizovaných bodů.



Obr. 1. Uspořádání měření

Je vhodné předeslat, že pro snímání obrazu je k dispozici digitální kamera připojitelná prostřednictvím portu USB 2.0 k počítači, pomocí něhož lze celý proces řídit. Kamera má jeden snímač CMOS, pro získání barevného obrazu je využito systému výpočtu červené, zelené a modré barvy pixelu s využitím okolních pixelů (kamera zachycuje Bayerovská data).

Základní princip generování a dekódování náhodných značek

Klíčovou částí skeneru je generování, a posléze identifikace kódů obsažených ve značkách. Vzhledem k tomu, že skenovaný objekt má obecně nepravidelný tvar, byly zavrženy tvarové či barevné značky, protože jejich snímání bude obecně zkruslena objektem. Po delším zvažování dalších možností byla vybrána varianta „binárních“ značek. Pro každý bod je vytvořen unikátní číselný kód, který převedený do dvojkové soustavy vytváří sekvenci jedniček a nul. Pokud jedničky přiřadíme určitou barvu a nule jinou, lze ve vyslaném vzoru z dataprojektoru vytvořit posloupnost obrazů jednoznačně identifikující vybrané body.

Dekódování pak probíhá tak, že ke každému pixelu v posloupnosti snímků jsou podle provedené kalibrace přiřazeny hodnoty nula a jedna a tyto dále převedeny na číslo v desítkové soustavě. Stejná sekvence snímků se sejme z různých stanovisek a při stejné provedení vyhodnocení mají identické body, zaměřené z různých stanovisek, stejný kód. Za

podmínky znalosti prvků vnitřní a vnější orientace lze potom určit prostorové souřadnice signalizovaných bodů.

Takto nastíněný základní princip je kostrou řešení návrhu skeneru, konkrétní řešení generování, promítání a vyhodnocování značek je popsáno dále.

Generování virtuálních značek

Popsaný skenovací systém je jednoduchý, je však třeba uvážit několik dalších praktických problémů či nastavení:

- **velikost značky** volí operátor s přihlédnutím k velikosti objektu ve vazbě na použitý objektiv snímávací kamery. Je vhodné ji volit při měření a vizuálně kontrolovat při volbě stanoviska. Ideální využití a maximální počet značek by bylo možné realizovat v případě, že by značka měla velikost jednoho pixelu snímaného obrazu, ale nejen vzhledem k Bayerovskému schématu snímání dat je vhodné velikost značky stanovit přiměřeně větší;
- **tvar značky** byl vzhledem k jednoduchosti jejího vykreslování zvolen čtvercový;
- **celkový počet značek** – programové vybavení je tvořeno pro maximální počet 16 383 bodů (celkem čtrnáct měřicích snímků, tj. $2^{14} - 1$ bodů), v závislosti na potřebné velikosti značky a velikosti plochy skenovaného předmětu je možno zvolit počet libovolně menší, počet je určen počtem řádků a sloupců. Tomuto počtu bodů odpovídá čtrnáct snímků, k tomu je třeba ještě tři dalších kalibračních snímků;
- **rozmístění značek** – značky jsou ve vytvořeném programu rozmístěny ve čtvercovém rasteru s volitelným odstupem řádků, resp. sloupců;
- pro **barvu značek a pozadí** lze ve vytvořeném programovém vybavení určit libovolné dvacetičtyřbitové barvy.

Vyhodnocení a dekódování virtuálních značek

Snímání obrazu promítaných značek je prvním krokem procesu skenování. Dále je třeba provést jeho vyhodnocení.

■ Praktické vyhodnocení bodů

Základem úspěšného vyhodnocení je možnost stanovení, zda je pixel reprezentantem hodnoty „nula“, nebo hodnoty „jedna“. Aby bylo možné toto určit, je nutné stanovit nějaké kritérium (což bude obsahem dalšího odstavce). Samotný mechanismus hodnocení musí být dán nerovností, vzhledem k tomu, že použitá kamera může být barevná, bylo by nutno hodnotit tři snímané barvy: červenou, modrou, zelenou. V případě, že zdroj záření by byl monochromatický (např. červený nebo zelený laser), bylo by vhodné vyhledávat jeho konkrétní barvu. Vzhledem k tomu, že pro signalizování virtuálních značek se využívá konvenční zdroj bílého světla, které je opticky upravováno, je vhodné využít celou jeho intenzitu, a tedy použít pro vyhodnocení intenzitu zachyceného záření kamerou. Tím se zároveň zjednoduší vyhledávací kritérium. Z červené, zelené a modré hodnoty pro daný pixel lze vypočítat intenzitu I podle jednoduchého vzorce $I = 0,30 \cdot \text{červená} + 0,59 \cdot \text{zelená} + 0,11 \cdot \text{modrá}$ [4]. Vzorec byl určen podle citlivosti lidského oka na jednotlivé barvy a byl využíván např. u černobílých televizí.

■ Určení, zda je pixel „nula“, nebo „jedna“

Hraniční intenzitu je možno nechat na operátorovi, ale je vhodné ho co nejvíce vyloučit z procesu vyhodnocování, a proto byl zvolen systém dvou kalibračních snímků, kdy na jednom z nich je celá plocha obrazu projektoru osvětlena hodnotou „nula“, na druhé pak hodnotou „jedna“. Pro možnost optické kontroly vyhodnocení a další pomocné úlohy je vhod-

né ještě přidat snímek, kde jsou zobrazeny všechny signalizované body současně. Na základě prvních dvou kalibračních snímků přiřadí kód 0 nebo 1. Nuly a jedničky stejného pixelu na těchto snímcích vytvoří binární číslo, které se dále převede do desítkové soustavy a udává kód bodu.

■ Určení kódu bodu

Z kalibračních snímků se určí hraniční intenzita pro každý pixel. S jejím využitím se každému pixelu 14 měřicích snímků přiřadí kód 0 nebo 1. Nuly a jedničky stejného pixelu na těchto snímcích vytvoří binární číslo, které se dále převede do desítkové soustavy a udává kód bodu.

■ Určení snímkových souřadnic bodu

Každý pixel obrazu získá binární, a posléze dekadický číselný kód. Bodů se stejným kódem bude větší počet, snímkové souřadnice středu zachycené virtuální značky se získají aritmetickým průměrem. Nelze vyloučit chybný vznik bodu o stejném kódu, např. u vadného pixelu či jinak, a proto je vhodné ještě provést další filtraci bodů.

Výpočet prostorových souřadnic bodů

Zpracování bylo v předchozím textu provedeno tak, že se doposud vyhodnotilo každé stanovisko samostatně. Za předpokladu, že virtuální značky promítané dataprojektorem nemění svou polohu na předmětu a celý systém projektor–snímaný objekt je pevný, totožné body získané z jednotlivých stanovisek získají stejný kód.

Pro určení prvků vnitřní orientace je třeba signalizovat a zaměřit vhodný počet vličovacích bodů. Z kalibračních snímků operátor odečte snímkové souřadnice a provede výpočet prvků vnitřní a vnější orientace dohromady pomocí direktní lineární transformace (DLT), jejíž princip a matematické vztahy byly popsány např. v [3]. Z takto určených parametrů pro každé stanovisko a snímkových souřadnic lze snadno s vyrovnáním vypočítat prostorové souřadnice bodů objektu signalizovaných virtuálními značkami.

Přístrojové a programové vybavení

Pro realizaci skenovacího systému je k dispozici digitální kamera Lumenera Lu125C s rozlišením 1,3 megapixelů, která se připojuje k libovolnému počítači prostřednictvím portu USB 2.0. Dále je využíván výkonný dataprojektor Umax Lumens LM136, svítivost 3600 ANSI lumenů, kontrastní poměr 400 : 1. Sestava je využívána s notebookem.

Programové vybavení se skládá ze tří programů. První s názvem BiMatrikScan slouží současně k promítání značek a snímání obrazu. Výstup z tohoto programu slouží jako vstup do programu BiMatrikEval, který s minimálními zásahy operátora zpracuje sérii snímků. Výstupem je seznam bodů určených označením stanoviska, kódem a snímkovými souřadnicemi, který bude dále sloužit pro výpočet prostorových souřadnic. Posledním programem je DLT3k, využívaný již pro určení prvků vnější a vnitřní orientace např. v systému LORS. Autorem programů je Martin Štroner.

Závěr

V rámci grantového projektu byl vyvíjen skenovací systém založený na promítání virtuálních binárních značek na povrch zkoumaného předmětu. V první etapě byl vybrán a ověřován základní princip generování a vyhodnocování snímaných značek. V dalším roce řešení se předpokládá vytvoření a precizování vyhodnocovacích algoritmů a zkompletování skenovacího systému do stadia funkčního prototypu. Součástí budou i zkoušky přesnosti a spolehlivosti včetně ověření možnosti skenování různých barev a povrchů.

Článek vznikl v rámci řešení projektu č. 205/04/1398 GA ČR „Využití 3D skenerů v geodézii a památkové péči“.

Literatura

- [1] Kašpar, M. – Pospíšil, J. – Štroner, M. – Křemen, T. – Tejkal, M.: Laser Scanning in Civil Engineering and Land Surveying. Hradec Králové, Vega 2004, 103 s.
- [2] Koska, B. – Křemen, T. – Štroner, M. – Pospíšil, J. – Kašpar, M.: Development of Rotation Scanner, Testing of Laser Scanners. In: Ingeo 2004 [CD-ROM]. Slovak University of Technology, Bratislava, 2004.
- [3] Koska, B. – Štroner, M. – Pospíšil, J.: Laserový skenovací systém LORS – vývoj a ověřování přesnosti. Stavební obzor, 14, 2005, č. 4, s. 123–126.
- [4] Kolektiv: Radioelektronická příručka – II. díl. Praha, Práce 1972, 640 s.

Štroner, M. – Pospíšil, J.: Design of a Scanning System with Virtual Binary Markers

This article reports on the design and construction of a scanning system for documentation of smaller facilities, in particular the listed ones. The system makes use of the projection of virtual markers with a binary code on the scanned object, which is filmed by a digital camera. In the initial stage of its development, the basic principle of generating and evaluating the filmed markers was selected and tested.

Štroner, M. – Pospíšil, J.: Entwurf eines Scansystems mit virtuellen Binärzeichen

Der Artikel befasst sich mit dem Entwurf und der Realisierung eines Scansystems zur Dokumentation kleinerer Gegenstände insbesondere in der Denkmalspflege. Das System nutzt die Projektion virtueller Zeichen mit Binärcode auf den aufzuscannenden Gegenstand, der mit einer Digitalkamera aufgenommen wird. In der ersten Entwicklungsstufe wurde das Grundprinzip der Generierung und Auswertung der aufgenommenen Zeichen ausgewählt und geprüft.

Broža, V. a kol.

Přehrady Čech, Moravy a Slezska

KNIHY 555, Liberec, 2005, vázaná celobarevná publikace, formát B4, 256 s., 800 fotografií, 590 Kč

Výpravná publikace přináší vůbec poprvé ucelený popis a charakteristiku nejvýznamnějších vodních děl na území České republiky, členěných podle jednotlivých povodí: Labe, Vltava, Ohře, Odry a Morava. Představuje 136 přehrad a jejich historii, od vzniku projektu přes budování až po současný stav. Bohatý obrazový materiál dokumentuje výstavbu vodních děl a technologická zařízení přehradních těles, jako jsou uzávěry spodních výpustí, sdružené věžové objekty, bezpečnostní přelivy či vodní elektrárny. Kromě technického popisu přehrad, z nichž některé byly vyhlášeny kulturními památkami, kniha populární formou seznamuje s účelem jednotlivých vodních děl a přírodními zajímavostmi v okolí.

www.knihy555.cz

• dizertace



Mobilita těžkých kovů v prostředí drobných toků urbanizované oblasti

Mgr. Jana Nábělková

Práce je zaměřena na procesy a faktory ovlivňující přítomnost těžkých kovů v sedimentech vodních toků včetně podmínek pro jejich imobilizaci a remobilizaci. Původní je návrh metodiky analýzy vzorků.

Využití suchých nádrží v systému protipovodňové ochrany

Ing. Pavel Křivka

Autor shrnuje současné znalosti o suchých nádržích v ČR a odvozuje metodiku pro porovnání očekávaného účinku navrhovaných opatření v rámci ucelených povodí. Práce je přímo využitelná v praxi.

Degradace stavebních materiálů ve skladbách plochých střech

Ing. Lenka Hanzalová

Dizertace dokumentuje vybrané skladby plochých střešních pláštů panelových budov z 60. až 90. let minulého století a podrobuje je komplexní analýze. Na základě konfrontace výpočtů a laboratorních zkoumání dochází k optimální metodě jejich rekonstrukcí.

Projektové řízení veřejných zakázek

Ing. Tomáš Hlaváček

Hlavním přínosem je model pro hodnocení subdodavatelů ve vztahu k funkční databázi. Bonita subdodavatele se promítá do cenové nabídky vyššího dodavatele. Dizertace představuje nový pohled na tvorbu cen stavebních prací.

Místo a úloha stavební firmy v PPP projektech

Ing. Jindřich Hess

Přínosem práce je původní tzv. komparátor veřejného sektoru, jehož význam spočívá ve formulaci kvantifikačního kritéria hodnocení projektů velkého rozsahu. Komparátor je použitelný i v soukromé sféře při hodnocení podnikatelských příležitostí v oblasti projektů PPP.

Analýza digitálních katastrálních map v katastrálních územích Brna

Ing. Jiří VONDRÁK, Ph.D.

Ing. Zdeněk FIŠER

VUT – Fakulta stavební, Brno

Ing. Vladimíra ŽUFANOVÁ

Katastrální úřad pro Jihomoravský kraj, Brno

Príspevek shrnuje výsledky a zkušenosti z analýzy přesnosti digitálních katastrálních map na území Brna. Jde o přehled výsledků získaných v letech 1995 až 2004. Výsledky dokládají, že přesnost map závisí na použitých podkladech a na technologii zpracování.

Úvod

Závazná koncepce tvorby digitálního katastrálního operátu včetně digitálních katastrálních map existuje v České republice od roku 1993. Digitální mapy vznikají přepracováním starých grafických podkladů, v menší míře na podkladu novějších číselných dat. Normy ukládají státní správě kontrolu přesnosti každé nově vzniklé digitální katastrální mapy bez ohledu na její původ, ovšem omezeného rozsahu. Státní správa, tj. katastrální úřady, nemají na důkladné analýzy lidský ani finanční potenciál. To byl důvod, proč Katastrální úřad pro Jihomoravský kraj navázal spolupráci s brněnským Vysokým učeníem technickým. Přesností digitálních map se zabývá tým vědeckých pracovníků ve spolupráci s pracovníky úřadu. Od roku 1995 bylo zpracováno dvacet studií analyzujících digitální katastrální mapy, z toho se osm týkalo katastrálních území v Brně, které je velkou městskou aglomerací s dynamickým rozvojem a kvalita katastrálních operátů je podstatná pro jeho další rozvoj.

■ **Katastr nemovitostí** byl zřízen k 1.1.1993 podle č. 344/1992 Sb., o katastru nemovitostí České republiky (katastrální zákon). Jeho obsah je uspořádán do katastrálních operátů vedených samostatně pro každé katastrální území.

Katastr zahrnuje:

- geometrické a polohové určení nemovitostí a katastrálních území;
- druhy pozemků, čísla a výměry parcel, popisná a evidenční čísla staveb, vybrané údaje o způsobu ochrany a využití nemovitostí, čísla bytů a nebytových prostor;
- údaje o právních vztazích včetně údajů o vlastnících a jiných oprávněných osobách, údaje o dalších právech k nemovitostem podle katastrálního zákona;
- údaje o podrobných bodových polohových polích;
- místní a pomístní názvosloví.

Katastrální operát tvoří:

- soubor geodetických informací (SGI), který zahrnuje katastrální mapu a ve stanovených územích i její číselné vyjádření;
- soubor popisných informací (SPI) s údaji o katastrálním území, parcelách, stavbách, bytech a nebytových prostorech, o vlastnících a jiných oprávněných osobách a o právních vztazích;

- dokumentace výsledků šetření a měření pro vedení a obnovu souboru geodetických informací včetně seznamu místního a pomístního názvosloví;
- sbírka listin obsahující rozhodnutí státních orgánů, smlouvy a jiné listiny, na jejichž podkladě byl proveden zápis do katastru;
- souhrnné přehledy o půdním fondu z údajů katastru.

■ Při tvorbě **digitální katastrální mapy (DKM)**, která je závazným státním mapovým dílem, se postupuje jednotně na celém území republiky. Je spravována podle předpisu „Struktura a výměnný formát digitální katastrální mapy a souboru popisných informací katastru nemovitostí ČR“. Je třeba dodržet tyto **technické parametry**:

- přesnost bodů obsahu je dána kódem kvality bodu (tab. 1),
- souřadnicový systém digitální mapy je S-JTSK,
- je uspořádána podle katastrálních území,
- má vektorový charakter,
- neobsahuje žádnou duplicitní kresbu,
- umožňuje standardní grafický výstup,
- čárová kresba umožňuje vytvořit dva typy plošných objektů, a to parcely reprezentované parcelním číslem umístěným v definičním bodu a budovy reprezentované uvnitř umístěnou značkou budovy.

Tab. 1. Kód kvality bodu

Kód	Bod
3	určený se střední souřadnicovou chybou 0,14 m (bývalá 3. třída přesnosti)
4	určený se střední souřadnicovou chybou 0,26 m (bývalá 4. třída přesnosti)
6	digitalizovaný z mapy měřítko 1 : 1 000
7	digitalizovaný z mapy měřítko 1 : 2 000
8	digitalizovaný z mapy měřítko 1 : 5 000

Při obnově operátu katastru nemovitostí rozlišuje vyhláška [1] obnovu:

- novým mapováním podle § 48 až § 56;
- přepracováním souboru geodetických informací v S-JTSK do číselného vyjádření podle § 57. Tento způsob je možné používat v územích s platnou katastrální mapou v S-JTSK, která byla vyhotovena na základě metod měření s přesností odpovídající alespoň 4. třídě přesnosti podle dřívějších předpisů;
- na podkladu komplexních pozemkových úprav § 58 vyhlášky. Při pozemkových úpravách dochází k obnově katastrálního operátu jen u té části katastrálního území, ve které se tyto úpravy provádějí.

■ **Katastrální mapa digitalizovaná** vzniká v případech, kdy původní mapa nespĺňuje podmínky pro přepracování podle Prozatímního návodu pro obnovu katastrálního operá-

tu přepracování souboru geodetických informací a pro jeho vedení [3]. Rozdíl mezi katastrální mapou **digitální** a **digitalizovanou** je hlavně v přesnosti podrobných bodů. U digitalizované mapy dosahují rozdílů mezi skutečným stavem a stavem zobrazeným na mapě až několika metrů.

Při digitalizaci map je nutné využít vždy jen přesné podklady, což jsou originály nebo kopie map bývalého pozemkového katastru. Teprve obsah katastrální mapy, který v těchto mapách není zachycen, lze přejímat z map pozdějších, a i to s využitím rozsáhlejších geometrických plánů. V současné době se digitalizované mapy nevytvářejí, nicméně v dřívějších letech jich bylo několik desítek až stovek zhotoveno. Na základě rozhodnutí ČÚZK se má pokračovat v přepracování map v systému stabilního katastru za podmínek uvedených v metodickém návodu [9]. Podle tohoto pokynu se budou vytvářet pouze mapy digitální.

Analýza přesnosti

V terénu byl zaměřen kontrolní soubor podrobných bodů v poli, které bylo do referenčního systému připojeno metodou GPS. Body kontrolního souboru se identifikovaly s podrobnými body katastrální mapy. Soubor podrobných identických bodů byl podroben analýze podle kritérií uvedených ve vyhlášce. Charakteristikou přesnosti určení souřadnic x, y podrobných bodů je základní střední souřadnicová chyba m_{xy} , daná vztahem $m_{xy} = \sqrt{0,5(m_x^2 + m_y^2)}$, kde m_x, m_y jsou základní střední chyby určení souřadnic x, y .

Charakteristikou relativní přesnosti určení souřadnic x, y dvojice podrobných bodů je základní střední chyba m_d délky d přímé spojnice bodů této dvojice, vypočtené ze souřadnic. Souřadnice podrobných bodů musí být určeny tak, aby charakteristika:

- m_{xy} nepřesáhla kritérium $u_{xy} = 0,14$ m;
- m_d nepřesáhla kritérium u_d vypočtené pro každou délku [m] ze vztahu $u_d = 0,21 [(d + 12)/(d + 20)]$.

Přesnost určení podrobných bodů se ověřuje:

- oměrnými mírami nebo kontrolním měřením délek přímých spojnic jiných vybraných dvojic podrobných bodů a jejich porovnáním s délkami vypočtenými ze souřadnic;
- nezávislým kontrolním měřením a výpočtem souřadnic výběru podrobných bodů a jejich porovnáním s určenými souřadnicemi.

■ Pro porovnání dvojic identických bodů se výpočtem rozdílů souřadnic $\Delta x = x_m - x_k, \Delta y = y_m - y_k$, kde x_m, y_m jsou souřadnice podrobného bodu a x_k, y_k jsou souřadnice téhož bodu z kontrolního určení. Dosažení stanovené přesnosti se ověřuje pomocí **výběrové střední souřadnicové chyby** s_{xy} , vypočtené jako kvadratický průměr středních chyb souřadnic s_x, s_y , které se určí ve výběru N bodů ze vztahů

$$s_x = \sqrt{\sum_{j=1}^N \frac{\Delta x_j^2}{k \cdot N}}, \quad s_y = \sqrt{\sum_{j=1}^N \frac{\Delta y_j^2}{k \cdot N}}.$$

Hodnota koeficientu $k = 2$, má-li kontrolní určení stejnou přesnost jako podrobné měření, nebo $k = 1$, má-li kontrolní určení přesnost podstatně vyšší, tj. $m_{xy} < 0,10$ m.

Přesnost určení souřadnic se pokládá za vyhovující, když výběrová **střední souřadnicová chyba** s_{xy} , vypočtená ze vztahu $s_{xy} = \sqrt{0,5(s_x^2 + s_y^2)}$, vyhovuje kritériu $s_{xy} \leq 0,15$ pro výběr N od 100 do 300 bodů a pro výběr větší než 300 bodů.

■ Při posuzování jednotlivých bodů se přesnost určení souřadnic pokládá za vyhovující, když střední odchylka v po-

loze u_p , vypočtená ze vztahu $m_{xy} = \sqrt{0,5(\Delta x^2 + \Delta y^2)}$, nepřekročí mezní odchylku $2u_{xy} = 0,28$ m, a přitom alespoň 60 % posuzovaných odchylek nepřekročí hodnotu $u_{xy} = 0,14$ m.

■ Posouzení **přesnosti délek mezi podrobnými body** se posuzuje podle rozdílu délek, daného vztahem $\Delta d = d_m - d_k$, kde d_m je délka spojnice vypočtená z daných souřadnic a d_k je přímo určená délka. Přesnost je vyhovující, jestliže:

- absolutní hodnoty všech rozdílů délek vyhovují kritériu $|\Delta d| \leq 2u_d \cdot k$ [m];
- kritérium $|\Delta d| \leq u_d \cdot k$ [m] je splněno pro 60 % délek d , přičemž u_d se vypočte ze vztahu $u_d = 0,21 [(d + 12)/(d + 20)]$ a k má hodnotu 1.

Výsledky zkoušek

■ Digitalizovaná mapa v **katastrálním území Líšeň** vznikla obnovou katastrálního operátu přepracováním v roce 2003. Podklady byly v letech 1944 až 1947 vyhotoveny podle Instrukce A v systému S-JTSK. Kontrolní měření realizoval Ústav geodézie VUT v Brně v letech 2003 a 2004. V zájmové lokalitě byly kontrolně určeny souřadnice 575 podrobných bodů a z nich 545 identifikováno s body zobrazenými v digitální mapě. Z těchto identických bodů má 30 v DKM kód kvality 6, ostatní kód 3. Bylo zjištěno že kontrolní měření splňuje parametry pro kód kvality 3. Pro každý identický bod byla vypočítána střední odchylka v poloze u_p (tab. 2). Dále bylo pásmem kontrolně změřeno 230 délek mezi identickými body. Pro každou délku byla vypočtena hodnota Δd a kritérium u_d a tyto hodnoty porovnány (tab. 3). Podle vyhlášky musíme prohlásit podrobné body DKM v k. ú. Líšeň za nevyhovující kódu kvality 3.

Tab. 2. KÚ Líšeň – porovnání kvality

Kritérium	Počet bodů	[%]	Kód kvality			
			3		6	
			počet	[%]	počet	[%]
$u_p \leq u_{xy}$	452	83	442	81	10	2
$u_{xy} < u_p \leq 2u_{xy}$	78	14	66	12	12	2
$u_p > 2u_{xy}$	15	3	7	1	8	2
celkem	545	100	515	94	30	6

Tab. 3. KÚ Líšeň – porovnání délek

Kritérium	Počet délek	[%]
$ \Delta d \leq u_d \cdot k$	219	95
$u_d \cdot k < \Delta d \leq 2u_d \cdot k$	11	5
$ \Delta d > 2u_d \cdot k$	0	0

Při druhé nezávislé studii byl posuzován kontrolní soubor 436 identických bodů a 350 délek. Výsledky analýzy jsou ve shodě s předchozí studií. Výběrová střední souřadnicová chyba vyhověla kritériu pro kód kvality podrobných bodů 3. Hodnoty střední odchylky v poloze však podmínku pro kód kvality 3 nespĺnily. Mezní odchylka $2u_{xy}$ byla překročena u 3 % délek. Podobně soubor ověřovaných délek nespĺnil podmínku pro kód kvality 3, protože u 4 % délek je překročena mezní odchylka $2u_d$. Kritéria stanovená pro kód kvality bodů 3 je překročena jen velmi těsně. Je však třeba konstatovat, že jde o body s kódem kvality 4. K témuž výsled-

ku dospěl i katastrální úřad na základě ověření přesnosti v rámci přepracování na DKM.

■ Původní novoměřické mapování v **KÚ Jundrov** probíhalo v letech 1935 až 1936 metodou ortogonální. Předmětem analýzy byly podklady pro připravovanou digitální mapu – novoměřické náčrty. Vybraný soubor 150 identických podrobných bodů nevyhovuje kritériu přesnosti, které je stanoveno pro body s kódem kvality 3. Hodnota u_p by neměla překročit mezní odchylku $2u_{xy} = 0,28$ m. Zde odchylku překračují tři body, což jsou 2 %. Kritérium 60 % bodů ležících v intervalu $\langle 0,00; 0,14 \rangle$ je splněno. V tomto intervalu leží 132 bodů, což je 88 % (tab. 4). Soubor 150 podrobných bodů musí splnit kritérium pro výběrovou střední chybu $u_{xy} \leq 0,15$ m. Vypočtené hodnoty středních chyb souřadnic $s_x = 0,18$ m, $s_y = 0,09$ m a výběrové střední souřadnicové chyby $s_{xy} = 0,14$ m kritérium splňují.

Tab. 4. KÚ Jundrov – porovnání kvality

Kritérium	Počet bodů	[%]
$u_p \leq u_{xy}$	132	88
$u_{xy} < u_p \leq 2u_{xy}$	15	10
$u_p > 2u_{xy}$	3	2

V zájmové lokalitě bylo dále pásmem kontrolně změřeno 145 délek mezi identickými body. Pro každou délku byla vypočtena hodnota Δd a kritérium u_d a tyto hodnoty porovnány. Výsledky vyhověly kritériu pro kód kvality 3 (tab. 5).

Tab. 5. KÚ Jundrov – porovnání délek

Kritérium	Počet délek	[%]
$ \Delta d \leq u_{dk}$	136	94
$u_{dk} < \Delta d \leq 2u_{dk}$	9	6
$ \Delta d > 2u_{dk}$	0	0

Celkově ovšem podklady pro tvorbu DKM nevyhověly. Byla překročena mezní odchylka u ověřování souřadnic. V rozporu s neuspokojivým výsledkem katastrální úřad přistoupil k tvorbě DKM.

■ Digitální mapa v **KÚ Husovice** vznikla převodem ZMVM z roku 1990 do DKM v roce 2000. Pro analýzu bylo využito 449 bodů v kódech kvality 3 (421 bodů), 4 (7 bodů) a 6 (21 bodů). Je zřejmé, že mezní odchylku $2u_{xy} = 0,28$ překročila velká část bodů s kódem kvality 3. Soubory pro kódy kvality 4 a 6 také nesplňují kritérium. Jde o velmi malé soubory bez statistické významnosti. Druhé kritérium 60 % z testovaných bodů je v intervalu $\langle 0,00; u_{xy} \rangle$. V případě bodů s kódem kvality 3 leží v intervalu $\langle 0,00; 0,14 \rangle$ pouze 136 bodů (tj. 32 %), takže podmínka není splněna (tab. 6).

Tab. 6. KÚ Husovice – porovnání kvality

Kritérium	Počet bodů	[%]	Kód kvality					
			3		4		6	
			počet	[%]	počet	[%]	počet	[%]
$u_p \leq u_{xy}$	156	35	136	32	5	71	15	68
$u_{xy} < u_p \leq 2u_{xy}$	155	35	151	36	0	0	4	18
$u_p > 2u_{xy}$	138	30	134	32	2	29	2	14
celkem	449	100	421	95	7	1	21	4

K porovnání DKM a kontrolního měření pomocí výběrové střední chyby bylo použito 453 bodů s kódem kvality 3. Vypočtené hodnoty $s_x = 0,32$ m, $s_y = 0,33$ m, $s_{xy} = 0,32$ m nesplňují kritérium pro soubor více než 300 bodů $s_{xy} \leq 0,14$ m.

Pro ověřování pomocí délek bylo použito 214 kontrolních délek. Kritérium, aby se všechny odchylky vešly do intervalu $\langle 0,00; 2u_d \rangle$, není splněno pro 49 délek. Kritérium, aby 60 % délek z celého souboru leželo v intervalu $\langle 0,00; u_d \rangle$, není splněno. Ke splnění chybí 5 %, tj. 11 délek (tab. 7). Soubor v žádné ze zkoušek nevyhověl kritériím.

Tab. 7. KÚ Husovice – porovnání délek

Kritérium	Počet délek	[%]
$ \Delta d \leq u_d$	118	55
$u_{dk} < \Delta d \leq 2u_{dk}$	47	22
$ \Delta d > 2u_{dk}$	49	23

■ Digitální mapa v **KÚ Nový Lískovec** vznikla v roce 2004 na základě revize a přepracování výsledků mapování podle Instrukce A. Původní mapování bylo realizováno v letech 1937 až 1938 převážně ortogonální metodou. Pro analýzu chyby v poloze bodů DKM bylo využito 381 bodů (tab. 8). Kritéria stanovená vyhláškou byla překročena v 0,3 % případech. Pro celý soubor identických bodů byla vypočtena výběrová střední souřadnicová chyba $s_{xy} = 0,07$ m, splňuje tedy podmínku $s_{xy} \leq 0,14$ m pro kód kvality 3. Soubor kontrolních délek měl rozsah 288 délek (tab. 9). Je zřejmé, že v tomto případě nevyhověl kritériu pro kód kvality bodu 3. Ve dvou ze tří kritérií tedy nesplnil podmínky pro zařazení do kódu kvality bodu 3. I když je toto nesplnění velmi těsné, musí být body souboru označeny za body s kódem kvality 4. Byla ověřena i kvalita měření prostřednictvím uvedených 288 kontrolních délek mezi identickými body. Rozdíly mezi délkami vypočtenými ze souřadnic z kontrolního měření a měřeními délkami v 7 % případech překročily hodnotu u_d . V žádném případě nepřekročily hodnotu $2u_d$. Kontrolní měření tedy vyhovuje kritériu pro kvalitu bodu 3.

Tab. 8. KÚ Nový Lískovec – porovnání kvality

Kritérium	Počet bodů	[%]
$u_p \leq u_{xy}$	335	87,9
$u_{xy} < u_p \leq 2u_{xy}$	45	11,8
$u_p > 2u_{xy}$	1	0,3

Tab. 9. KÚ Nový Lískovec – porovnání délek

Kritérium	Počet délek	[%]
$ \Delta d \leq u_d$	249	87
$u_{dk} < \Delta d \leq 2u_{dk}$	35	12
$ \Delta d > 2u_{dk}$	4	1

■ Lokalita dnešního **KÚ Štýřice** patřila v minulosti ke katastrům Staré Brno a Vídeňka. Podklady pro tvorbu digitální mapy tvoří mapování podle Instrukce A z roku 1942. V letech 1966 až 1970 proběhla reambulace, která však nezměnila polohopisný obsah původní katastrální mapy. Velmi podstatné je, že vznikla kartometrickou digitalizací pů-

vodní mapy bez využití původního měření (měřických náčrtů ortogonální metody). Proto byla ověřena nejen shoda mezi souřadnicemi bodů DKM a souřadnicemi z kontrolního měření. Analyzována byla i shoda mezi souřadnicemi vypočtenými na základě původních měřických podkladů a souřadnicemi bodů DKM.

Pro porovnání souřadnic získaných z původního měření v roce 1942 a souřadnic bodů DKM byl použit soubor 123 bodů (tab. 10). Střední souřadnicová chyba z tohoto porovnání $s_{xy} = 0,13$ m vyhovuje kritériu $s_{xy} \leq 0,14$ m. Pro porovnání souřadnic bodů DKM a souřadnic z kontrolního měření bylo použito 97 identických bodů. Výsledky analýzy přesnosti polohy shrnuje tab. 11. Střední souřadnicová chyba z tohoto porovnání $s_{xy} = 0,14$ m je na hranici kritéria.

Tab. 10. KÚ Štýřice – porovnání kvality

Kritérium	Počet bodů	[%]
$u_p \leq u_{xy}$	84	68
$u_{xy} < u_p \leq 2u_{xy}$	29	24
$u_p > 2u_{xy}$	10	8

Tab. 11. KÚ Štýřice – porovnání délek

Kritérium	Počet bodů	[%]
$u_p \leq u_{xy}$	65	67
$u_{xy} < u_p \leq 2u_{xy}$	22	23
$u_p > 2u_{xy}$	10	10

K porovnání délek mezi podrobnými body digitální mapy a body kontrolního měření byl využit soubor 105 délek (tab. 12). Dále byly porovnány souřadnice získané z původních měřických podkladů (měřických náčrtů ortogonální metody) a z kontrolního měření. Soubor byl tvořen 80 body. Získané výsledky jsou až překvapivě pozitivní (tab. 13) a dokládají kvalitu původního měření.

Tab. 12. KÚ Štýřice – porovnání délek mezi podrobnými body DKM a body kontrolního měření

Kritérium	Počet délek	[%]
$ \Delta d \leq u_d$	80	76
$u_d k < \Delta d \leq 2u_d$	23	22
$ \Delta d > 2u_d$	2	2

Tab. 13. KÚ Štýřice – porovnání souřadnic z původních měřických podkladů a z kontrolního měření

Kritérium	Počet bodů	[%]
$u_p \leq u_{xy}$	66	82
$u_{xy} < u_p \leq 2u_{xy}$	14	18
$u_p > 2u_{xy}$	0	0

Souřadnice získané z kartometrické digitalizace tedy nesplňují požadovaná kritéria pro body s kódem kvality 3. Přesnějších výsledků by bylo zřejmě dosaženo využitím původ-

ních měřických náčrtů z roku 1942. V době svého vzniku tato digitální mapa představovala prvotinu svého druhu. Neexistovaly závazné předpisy pro jejich tvorbu. Současné předpisy již stanoví jako prioritní podklady výsledky původního mapování, pokud mají odpovídající přesnost.

■ V katastrálním území **Bosonohy** vznikla DKM kartometrickou digitalizací map z THM z roku 1970 a jejich doplněním o pozemky ve zjednodušené evidenci. Pro první analýzu byl použit soubor 641 kontrolních identických bodů. Výběrová střední chyba $s_{xy} = 0,12$ m, získaná z analýzy, vyhovuje kritériu pro kód kvality. Výsledky analýzy přesnosti polohy obsahuje tab. 14, výsledky souboru 101 délek mezi identickými body tab. 15. Soubor nevyhověl kritériím pro body s kódem kvality 3.

Tab. 14. KÚ Bosonohy – porovnání kvality

Kritérium	Studie			
	1.	2.	1.	2.
	počet bodů		[%]	
$u_p \leq u_{xy}$	381	320	60	69
$u_{xy} < u_p \leq 2u_{xy}$	213	109	33	24
$u_p > 2u_{xy}$	48	30	7	7

Ve druhé nezávislé studii byl zaměřen soubor 459 identických bodů a zjištěna vyhovující výběrová střední souřadnicová chyba $s_{xy} = 0,11$ m. Při ověřování přesnosti polohy byla hodnota $2u_{xy}$ překročena v 7 % případech (tab. 14). Při porovnávání 210 identických délek jsme konstatovali překročení kritéria $2u_d$ v 1 % případech (tab. 15). Ve druhých dvou testech soubor nevyhověl kritériím pro kód kvality 3.

Tab. 15. KÚ Bosonohy – porovnání délek

Kritérium	Studie			
	1.	2.	1.	2.
	počet délek		[%]	
$ \Delta d \leq u_d$	90	180	89	86
$u_d k < \Delta d \leq 2u_d$	8	27	8	13
$ \Delta d > 2u_d$	3	3	3	1

Obě nezávislé zkoušky ve shodě ukazují, že podrobné body DKM v katastrálním území Bosonohy by měly mít kód kvality 4. Pro úplnost je třeba uvést, že při ověření přesnosti provedené katastrálním úřadem v rámci komplexních pozemkových úprav i v rámci přepracování na DKM vyšla přesnost odpovídající kódu kvality 3.

Závěr

Z analýzy tedy vyplývá, že kód kvality 3 neodpovídá pro většinu digitálních katastrálních map vzniklých přepracováním. Kartometrická digitalizace na základě grafických podkladů se jeví jako nejproblematičtější postup. Podle popsaných zjištění nemůže vést k uspokojivým výsledkům v žádném případě. Takový závěr byl očekáván. Přepracování a využití (výpočet souřadnic) původních měřických podkladů v některých případech splňuje požadavky pro body s kódem kvality 3. Je však třeba důsledně analyzovat kvalitu podkladů kontrolním měřením v terénu. Výběrová střední chyba obvykle odpovídá požadavkům, kdežto další kritéria nejsou splněna. Podle autorů je to způsobeno tím, že rezort-

ní předpisy pro ověřování přesnosti neodpovídají pravidlům zákona hromadění chyb a teorii matematické statistiky. Důsledkem je, že pokud jediná hodnota z celého souboru překročí mezní kritérium, vyřadí soubor z příslušného kódu kvality. Přitom, na základě standardního statistického testu na hladině významnosti $\alpha = 5\%$, je možné ve většině případů tvrdit, že soubor splňuje s 95% pravděpodobností parametry kódu kvality 3. Rozpor vyplývá z matematické nedokonalosti vyhlášky. Netroufáme si posoudit, zda jde o záměr, nebo omyl tvůrců norem a předpisů.

Zobecněním výsledků studií je konstatování, že pro dodržení stávajících předpisů je jedinou spolehlivou metodou tvorby digitální katastrální mapy nové mapování. Evidence a údržba souboru geodetických informací v digitální podobě a deklarované kvalitě je tak zatím v České republice značně vzdálená.

Související diplomové práce obhájené na Ústavu geodézie VUT v Brně

Bouchalová, J.: Tvorba DKM – předpisy a realita, 2004.
Dohnálková, M.: Analýza DKM, 2002.
Könyüová, L.: Problematika tvorby a využití DKM, 2004.
Králík, J.: Posouzení využitelnosti podkladů pro tvorbu DKM, 2003.

Macek, J.: Problematika tvorby a využití DKM, 2002.
Pokorná, J.: Analýza mapových podkladů, 2002.
Přecechtelová, V.: Problematika tvorby a využití DKM, 1999.
Suchá, M.: Analýza novoměřického mapování, 2003.

Literatura

- [1] Vyhláška č. 190/1996 Sb., ve znění pozdějších předpisů (ČÚZK). Praha, Sagit 2001.
- [2] Koncepce přepracování katastrálních map do digitální formy ze dne 26.2.1999. ČÚZK, č. j. 598/1999-1.
- [3] Návod pro obnovu katastrálního operátu, ČÚZK, č. j. 21/1997-23, ve znění dodatku č. 1, ČÚZK č. j. 5239/1998-23.
- [4] Návod pro správu a vedení katastru nemovitostí. ČÚZK, č. j. 4571/2001-23.
- [5] Sborník přednášek odborného semináře „Tvorba a vedení DKM“, 1996.
- [6] Struktura a výměnný formát digitální katastrální mapy a souboru popisných informací katastru nemovitostí České republiky (www.cuzk.cz/adr08/format1_3.html).
- [7] Prozatímní návod pro obnovu katastrálního operátu přepracováním souboru geodetických informací a pro jeho vedení. ČÚZK č. j. 5238/1998-23 ze dne 21.12.1998 a dodatek ze dne 1.7.2004.
- [8] Zákon č. 344/1992 Sb., o katastru nemovitostí České republiky.
- [9] Metodický návod pro převod map v systému stabilního katastru do souvislého zobrazení v S-JTSK a doplňování parcel vedených ve zjednodušené evidenci do DKM, návrh z 13.11.2003.

Vondrák, J. – Fišer, Z. – Žufanová, V.: Analysis of Digital Cadastral Maps in Brno Cadastral Area – Czech Republic

This paper summarizes results and experience from accuracy analysis of digital cadastre maps from the area of the city of Brno. It is an overview of results gained from 1995 to 2004. The results suggest that map accuracy depends on fundamental data rather than the technologies applied during the remake.

Vondrák, J. – Fišer, Z. – Žufanová, V.: Analyse digitaler Katasterkarten in den Katastergebieten von Brünn

Der Beitrag fasst die Ergebnisse und Erfahrungen von einer Analyse der Genauigkeit digitaler Katasterkarten auf dem Gebiet von Brünn zusammen. Es handelt sich um eine Übersicht der in den Jahren 1995 bis 2004 gewonnenen Ergebnisse. Die Ergebnisse belegen, dass die Genauigkeit der Karten von den benutzten Unterlagen abhängt und weniger von der Technologie der Überarbeitung.



Zdraví, bezpečnost, prevence a vzdělávání pracujících na stavbách

24.–29. dubna 2006, Paříž

Sedmý ročník mezinárodní výstavy zařízení a techniky pro veřejné práce, stavebnictví a průmysl vyrábějící materiály se bude konat v dubnu příštího roku na pařížském výstavišti Nord Villepinte ve Francii. Na hrubé výstavní ploše více než 350 tis. m² představí své produkty na 1 500 vystavovatelů, z nichž 75 % bude ze zahraničí, ať již jde o firmy s kompletní výrobní nabídkou, výrobce polyvalentních zařízení nebo dodavatele techniky a stavebních zařízení. Pořadatelé očekávají na 200 tis. odborných návštěvníků z celého světa.

Tradiční sektory, od zemních prací, přes sondážní a vrtné práce, zpracování materiálů, komponenty, zařízení a příslušenství, dopravu, pronájem, stavebnictví, stavbu silnic a recyklaci až k novým technologiím budou mít silné zastoupení, zdůrazněna však bude zvedací a manipulační technika, výstavba silnic a stavebnictví.

Akce Inovační žebříček opět ocení nejmodernější zařízení, techniku a služby, které vybírá porota evropských odborníků. Výsledky budou oznámeny v průběhu prvního dne veletrhu. V roce 2003 představovaly světové novinky 50 % všech inovací.

Podniky, profesní organizace z oboru výstavby, veřejných prací a průmyslu budou organizovat řadu konferencí a akcí s cílem zlepšit image profesí, které jsou neprávem podhodnocovány. Týká se to především lomů a výroby granulátů, zvedací a manipulační techniky a materiálového průmyslu.

Informace:

Active Communication
Anglická 2, 120 00 Praha 2
tel.: 222 518 587, active@telecom.cz

Riziká developmentu nehnuteľností

Ing. Viera SOMOROVÁ, Ph.D.
STU – Stavebná fakulta
Bratislava

Development nehnuteľností predstavuje odbornú, multi-disciplinárnu a organizačne náročnú činnosť. Vo svojej podstate je to developerský proces, ktorého cieľom je vytvorenie stavebného objektu pre trh nehnuteľností. Jeho prioritným cieľom je zisk za jeho predaj alebo prenájom. Development nehnuteľností, tak ako každý iný druh podnikania, je spojený s rizikami.

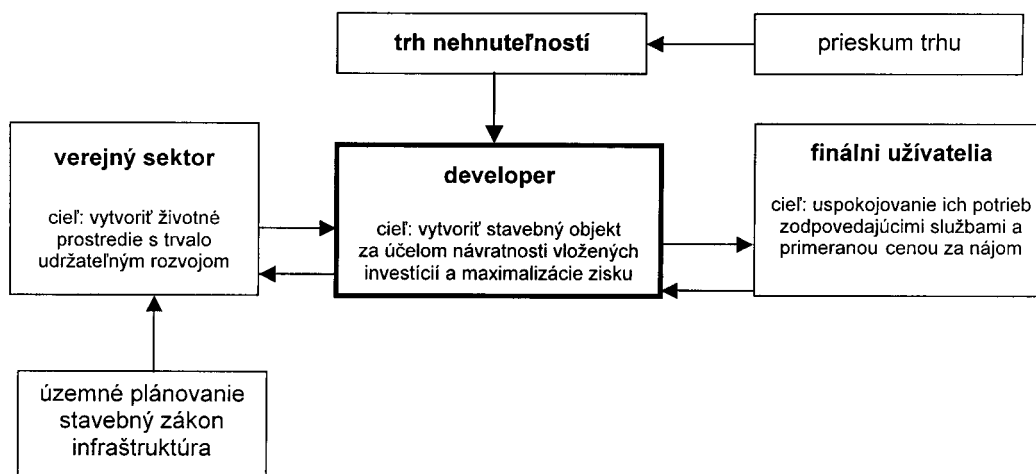
Development nehnuteľností

Požiadavky spoločnosti, ale aj individuálne preferencie jednotlivcov, podmieňujú vytváranie nového životného prostredia alebo pretvorenie stávajúceho výstavbou bytových domov, kancelárskych komplexov, hypermarketov atď. Meniace sa požiadavky spoločnosti sú ovplyvňované predovšetkým zmenami ekonomických podmienok, ale i vývojom rôznych technológií. Mení sa životný štýl a vkus populácie. Úspešnosť developerského projektu na trhu nehnuteľností, kde ponúka stavebný objekt ako tovar, je daná flexibilitou reagovať na meniace sa požiadavky spoločnosti pri dôklad-

poznanie je nosným momentom ekonomických analýz predkladaného projektu [1].

Dôležitosť následného vypracovania podnikateľského plánu spočíva hlavne v informácii o cieľoch a finančnej analýze kapitálových výdavkov a očakávaných peňažných príjmoch z fungovania realizovanej investície. Pri ich odhade je nutné počítať s faktorom času a s rizikom odlišného vývoja. Podnikateľský plán špecifikuje štruktúru finančných nákladov, ktorú ovplyvňujú dva základné faktory – finančná stabilita a ekonomická efektívnosť. Vlastné finančné zdroje, ktoré sa použijú pri realizácii projektu, sú drahšie než cudzie. Zvyšujú však stabilitu projektu, ale znižujú jeho efektívnosť. Pomer medzi vlastnými a cudzími zdrojmi by sa mal pohybovať medzi 20–40 % vlastných zdrojov a 80–60 % cudzích zdrojov.

Stavebné objekty, ktoré sú výsledkom developerskeho procesu, majú dlhodobý dopad na životné prostredie a spoločnosť, či už pozitívny, alebo negatívny. Preto verejný sektor rovnako ako pre iné podnikateľské subjekty je jedným z podmieňujúcich faktorov v každom developerskom procese. Verejný sektor participuje na developerskom procese nepriamo, vytváraním jeho ekonomického prostredia. Makroekonomické podmienky sú faktormi, ktoré významne zasahujú do celého developerskeho procesu. Sú to predovšetkým legislatívne podmienky podnikania.



nom poznaní jestvujúcich trhových podmienok a analýzy ich vývoja. Je to dynamický a interdisciplinárny proces. Developerský proces sleduje ako každý iný druh podnikania návratnosť vložených investícií a maximalizáciu zisku.

Prieskum trhu

Základom developerského projektu je spoločenský dopyt podporený podrobnou analýzou trhu. Rozhodnutiu developera začať s developerským procesom predchádzajú marketingové štúdie (prieskum trhu). Na ich základe rozhodne, či daná realizácia developerského projektu bude úspešná. Zistí, aká je konkurencia na danom segmente trhu, koho zo zákazníkov vie realizáciou projektu osloviť, ako rýchlo bude schopný ho predať alebo prenajať. Pomocou marketingových štúdií si vie stanoviť predpokladané výnosy, ktorých

Developerský proces

Development nehnuteľností je v podstate developerský proces, ktorý prebieha počas životného cyklu stavebného objektu. V štádiu obstarania, ktorá zahŕňa prípravnú fázu investičného procesu a fázu realizácie stavebného objektu, je to:

- vznik myšlienky uplatniteľnej na trhu nehnuteľností (prieskum trhu, podnikateľský plán),
- získanie nehnuteľnosti,
- financovanie,
- vypracovanie projektovej dokumentácie,
- realizácia stavebného objektu.

V štádiu používania je to prevádzkovanie stavebného objektu (za predpokladu, že developerská firma objekt prenája).

V prípravnej fáze je na začiatku rozhodnutie developerskej organizácie investovať financie do realizácie stavebného objektu. Na základe marketingových štúdií sa developer oboznámi s požiadavkami trhu s nehnuteľnosťami. Developerský proces sa začína po vyhodnotení marketingových štúdií výberom lokality, ktorá by mala byť zaujímavá pre budúcich užívateľov, napr. dostupnosťou miestnou alebo osobnou dopravou pre stavebné objekty, ktoré budú poskytovať služby bežnému spotrebiteľovi, alebo atraktivnosťou lokality pre obchodné firmy. Významná je veľkosť, cena pozemku a urbanistické podmienky zástavby. Cieľom developerskej firmy je maximálna vyťažiteľnosť pozemku, t. j. aby stavebný objekt bol navrhnutý s maximom využiteľnej – úžitkovej plochy v rámci urbanistických a architektonických limitov územia [7]. Pre zaistenie návratnosti investícií ako i zaistenie maximalizácie zisku je potrebné vypracovať štúdiu uskutočniteľnosti.

Po obstaraní nehnuteľnosti developer na základe spracovaného podnikateľského plánu požiada o bankový úver na realizáciu stavebného objektu. Nasleduje fáza vypracovania projektovej dokumentácie, jej priebežné prerokovanie a overovanie, či riešenia, obsiahnuté v spracovanej projektovej dokumentácii, zodpovedajú požiadavkám developera. Cieľom tejto etapy je získať legislatívne povolenie k začatiu stavby na základe spracovanej projektovej dokumentácie.

Nasleduje výber dodávateľa stavebného objektu, ktorý ho realizuje pri dodržaní požadovanej kvality a výšky nákladov. Sú dva spôsoby výberu vhodného dodávateľa – priamym zadaním a výberovým konaním, pre ktoré je potrebné vyhotoviť podrobnejšiu projektovú dokumentáciu. Pri výberovom konaní si kritériá na výber dodávateľa stanovuje podľa svojich priorit developer (napr. rozhoduje rýchlosť výstavby – developeri komerčného centra, alebo kvalita dokončeného diela – developeri administratívnych centier zameraných na náročnejších nájomníkov) [2].

Hotový stavebný objekt developer alebo predá na trhu nehnuteľností, alebo ho na základe zmlúv, ktoré uzavrel už v prípravnej fáze developerského procesu, odovzdá do prenájmu nájomcom – finálnym užívateľom.

Účastníci developerského procesu

Pre úspešný priebeh developerského procesu je potrebné vytvoriť development tím. Developer ako tímový líder developerského procesu riadi realizáciu stavebného objektu od začiatku investičného procesu až po uvedenie stavebného objektu do prevádzky. Je postupne tvorcom, promotérom, sprostredkovateľom, risk manažérom, aj investorom. Jeho cieľom je vytvoriť majetok, udržať solventnosť firmy a byť konkurencieschopný. Dôležitou črtou developera je jeho flexibilita a kreativita.

■ Už pri počiatkovej analýze si musí položiť otázku, aký štartovací kapitál je potrebný a kde si ho zadováži. Jedná sa o štruktúru financovania developerského procesu – vlastné zdroje a cudzie zdroje. Pre získanie cudzích zdrojov musí predložiť bankám a investičným partnerom vhodný projekt, ktorý má jednoznačne preukázateľnú finančnú návratnosť, tzn. že je schopný generovať dostatočné cash-flow i na splátky prípadného úveru. Je nevyhnutné dokázať, že o projekt na trhu existuje reálny záujem (u bytových domov sa dokladá mierou predpredajnosti, u komerčných projektov mierou predprenájom budúcich plôch. Ekonomické parametre projektu musia zohľadňovať prognózu cenového vývoja po dobu realizácie stavby. O úver sa môže uchádzať developer, ktorý má okolo 30 % vlastného kapitálu z celkového objemu investície. Zálohy budúcich kupcov nie sú považované za vlastný kapitál.

K ďalším nevyhnutným podmienkam patrí zaobstaranie nehnuteľnosti, ktorá má byť predmetom rozvoja, zaistenie kompletnej projektovej prípravy až po vydanie stavebného povolenia pre začatie výstavby – z vlastných zdrojov. Tento model dáva podstatne väčšiu istotu nielen bankám pri projektovom financovaní, ale i kupujúcim.

Dôležitým posudzovaným faktorom je samozrejme celková bonita klienta a jeho skúsenosti s podobnými projektmi. Developer ručí pozemkom a celou svojou nehnuteľnosťou. Ak má zaujímavý projekt, vlastní vhodnú nehnuteľnosť, disponuje dostatkom vlastných prostriedkov a má v dostatočnej miere zaistené budúce výnosy, môže získať od bánk ich produkty – formou hypotekárnych úverov, klasických investičných úverov po projektové financovanie, ktoré je v podstate úverom po dobu trvania výstavby. Pri projektovom financovaní po skončení výstavby a v závislosti od predaja nehnuteľnosti je úver alebo plne zaplatený, alebo následne nahradený iným hypotekárnym úverom. Druhá možnosť sa uplatňuje najmä u komerčných projektov, ktorého výnosy sú realizované formou dlhodobých prenájmov [3].

■ Konzultant marketingu a public relation – ak chce byť developerský projekt úspešný, t. j. presadiť sa na trhu, je potrebné ešte pred započatím výstavby začať s propagáciou projektu (public relation). Pre úspešnosť celého projektu je dôležité pokračovať v propagácii projektu počas jeho realizácie, ale i po ukončení projektu. Aby stavebný objekt mohol plniť svoju funkciu, pre ktorú bol realizovaný, je potrebné, aby aspoň 50 až 75 % priestorov bolo vopred prenájatých alebo kúpených. Nemenej dôležité je mať primeranú marketingovú stratégiu.

■ Architekt/projektant má v developerskom procese významné postavenie ako partner developera. Spolupracovať začína už v prípravnej fáze. Stvárnenie myšlienky developera do konkrétnej podoby stavebného objektu je zdĺhavý proces. Developer, ale i budúci užívatelia, majú svoje predstavy a očakávania o budúcom stavebnom diele, o jeho funkcii, o tom, ako by malo vyzeráť. Predstavy budúcich – konečných užívateľov sú sústredené hlavne na vnútorný priestor, ktorý by mal spĺňať v plnej miere ich požiadavky ako i na budúce prevádzkové náklady, ktoré by mali byť primerane nízke. Je tu ďalej požiadavka verejného sektora, aby design budúceho stavebného objektu bol interaktívny prostrediu, v ktorom bude situovaný [4].

Architekt je centrálnou postavou v developerskom procese z hľadiska osadenia stavebného objektu v teréne, funkčného riešenia a estetického stvárnenia stavebného objektu. Vypracováva viaceré varianty riešení. Jeho partnerom v tejto fáze je projektant. O konečnom architektonickom výraze stavebného diela rozhodne developer.

Architekt a projektant majú za úlohu vypracovanie:

- architektonického návrhu pre územné konanie,
- projektovej dokumentácie pre stavebné povolenie,
- projektovej dokumentácie pre konkurzné konanie na výber dodávateľa stavby,

ďalej asistenciu pri výbere dodávateľa, pri uzatváraní zmluvy s dodávateľom a ďalšie služby spojené s realizáciou stavby, napr. autorský dozor.

■ Dodávateľia – stavebné firmy realizujú stavebné objekty na základe spracovanej projektovej dokumentácie. Sú zodpovední za kvalitu objektu z hľadiska garancií za zabudované materiály a zariadenia v stavebnom objekte, za kvalitu uskutočnených prác, za dodržanie zmluvne dojednaných nákladov výstavby a termínu ukončenia stavebného objektu.

■ Práca manažéra majetku (facility manažéra) začína po ukončení a odovzdaní stavebného objektu do užívania. Je potrebná počas celej fázy užívania (prevádzky) stavebného objektu a spočíva v podstate v spravovaní majetku. Môže však developerovi poskytnúť aj iné služby na riadenie podporných činností. Manažment môže byť vnútorný vtedy, keď developerská organizácia má vo svojej organizačnej štruktúre oddelenie spravovania majetku (facility manažment). Ďalšou formou je outsourcing, t. j. spravovanie majetku inou firmou. Veľa developerských firiem požíva kombináciu oboch foriem. Rozhodnutie firmy o spôsobe spravovania majetku – stavebného objektu závisí od viacerých faktorov, ako je situovanie stavebného objektu, veľkosť developerskej firmy, možnosti mať klasifikovaný vlastný facility manažment.

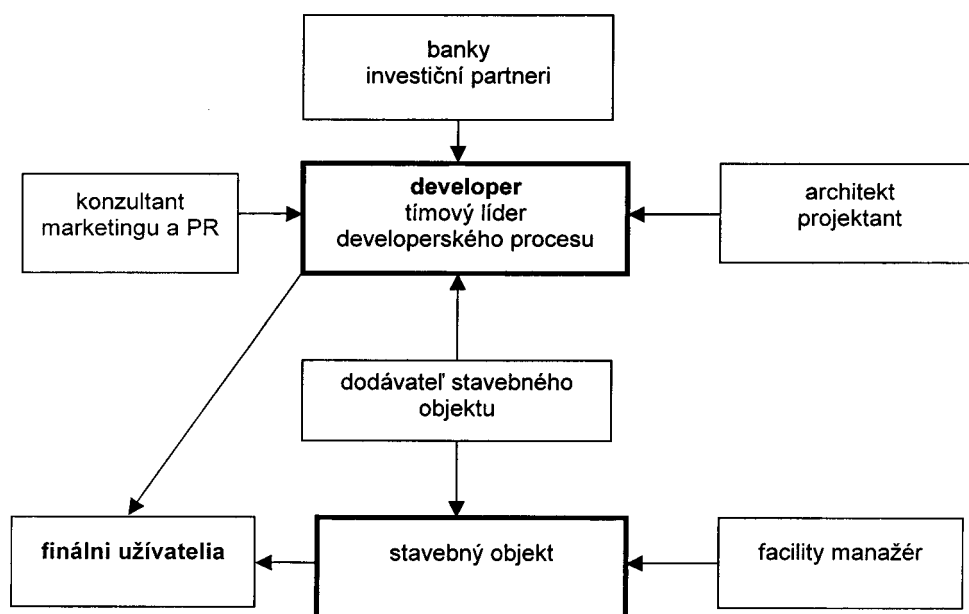
■ Finálni užívatelia sú definovaní ako priami užívatelia už realizovaného stavebného objektu. Oni určujú, či developerský projekt bol úspešný prijatím alebo odmietnutím finálneho produktu. Užívatelia, ktorí sú budúcimi prenajímateľmi, si často predprenajímajú priestory ešte pred započatím výstavby. Pôsobia interaktívne v spolupráci s marketingovými konzultantmi a developerom tak, aby výsledok ich spolupráce plne uspokojoval ich potreby.

developerská organizácia nemala realizovať investičné projekty s nízkou mierou výnosu, a naopak, pri poklese úrokovej miery je možné realizovať aj projekty s menšími výnosmi [6]. Práve pri rozhodovaní o cudzích zdrojoch, a teda zaťažení budúcich nákladov úrokmi, dvojnásobne platí riziko neistoty úrokovej miery, vyplývajúce z faktoru času.

Ďalšie riziká neúspešnosti developerského projektu v prípravnom procese developerského projektu vznikajú nesprávnym vyhodnotením marketingových štúdií, výberom nevhodného staveniska, výberom architekta nerešpektujúceho požiadavky developera a v neposlednom rade nestabilným trhom nehnuteľností.

Časovým sklzom vo výstavbe vzniká pre developerskú organizáciu riziko z neplnenia už uzavretých zmlúv na prenájom objektu s pevným termínom odovzdania priestorov v objekte nájomcovi. Výška penalizácie rastie úmerne s časovým oneskorením ukončenia výstavby stavebného diela. Akékoľvek oneskorenie ukončenia výstavby môže oddialiť príjmy plynúce či už z predaja, alebo z prenájmu objektu, a teda významne ovplyvniť aj jeho výnosnosť.

Pri samotnej realizácii je potrebné kalkulovať so zmenou cien stavebných prác a stavebných materiálov (napr. zmena výšky DPH, inflácia), ktoré sú dané makroekonomickou politikou štátu.



Riziká developerského procesu

Developerské organizácie realizujú stavebné objekty značného finančného rozsahu, ktoré sú určené na dlhodobé využívanie. Podstupujú oveľa väčšie riziko ako iné podnikateľské subjekty, pretože riadia rozsiahle investície. Zlé rozhodnutie v štádiu prípravy investovania, nerešpektujúce požiadavky trhu, sa môžu prejavíť vo fáze používania stavebného objektu až s odstupom času [5].

Pre developerské firmy vznikajú v prípravnej fáze (v štádiu obstarania stavebného objektu) najmä finančné riziká, vyplývajúce zo štruktúry financovania. Jedná sa o zdroje:

- vlastné,
- cudzie, a s ním riziko spojené s fixovaním na úrokovú sadzbu, ktoré sú ovplyvnené rizikom zmien.

Úrok pri získavaní cudzích zdrojov má významnú úlohu najmä z časového hľadiska, kde jeho výška nie je nemenná a v maximálnej miere závisí od poskytovateľa, ktorý je zase závislý, ak sa jedná napr. o bankový sektor, od makroekonomického prostredia. Platí, že pri raste úrokovej miery by

Vo fáze používania stavebného objektu hovoríme o troch rizikách, akými môžu byť:

- nevyrovnaná platobná bilancia nájomcov (oneskorovanie platieb za nájom),
- strata nájomcov,
- prebytok prenajímaných plôch na trhu nehnuteľností,
- pokles ceny nájmov,
- schopnosť prenajať priestory,
- zmena finančného prostredia (dane, ceny energií, médií).

Všeobecne riziká vo fáze používania stavebného objektu charakterizujeme v dvoch polohách, ako zmeny:

- dopytu a ponuky prenajímaných plôch,
- makroekonomickej a hospodárskej politiky štátu.

Dané riziká developerská organizácia nemôže ovplyvniť, ale v každom prípade by ich mala s určitým časovým predstihom predvídať [7]. Hlavné riziko spočíva hlavne v tom, že skutočné hospodárske výsledky sa môžu odchyľovať od predpokladaných, hlavne smerom k strate. Rizikám možno

predchádzať hlavne vypracovaním štúdie uskutočniteľnosti, ktorá definuje možné riziká:

- spojené s kúpou nehnuteľnosti pre výstavbu stavebného objektu,
- mieru inflácie, následné zvýšenie cien materiálov = pri neprekročiteľnom limite investičných nákladov zníženie kvality projektu,
- zvýšenie úrokov,
- politickú stabilitu, z nej možnosť narušenia stability trhu nehnuteľností.

Záver

Každý developerský projekt, ktorý developerská organizácia realizuje s cieľom vytvorenia nehnuteľnosti, je spojený s rizikami. Včasným poznaním, definovaním a analýzou rizík je možné minimalizovať ich počet a účinok.

Literatúra

- [1] Miles, E. M. – Berens, G. – Weiss, A. M.: Real Estate Development. Boston, 1998, pp. 5–7.
- [2] Homola AYH Projektmanagement. Centers Journal, 2/2003, s. 36–40.
- [3] Kacetyl, Z. – Ctibor, T.: Financování developerských procesů. Development News, č. 8–9/2003, s. 62.
- [4] Lloyd W. Bookout et al.: Value by Design. Landscape, Site Planning, and Amenities. Washington, D. C., 1994, In: Real Estate Development, pp. 39–40.
- [5] Ivanička, K.: Manažment rizika developerského procesu. VEGA, č. ú. 1/047/03.
- [6] Petráková, Z.: Posudzovanie rizika pri riadení investičných procesov. [Katalóg], I. medzinárodné vedecké sympóziu, Bratislava, 2000, s.129.
- [7] Somorová, V.: Aké sú riziká developerského procesu? Eurostav, 3/2004, s. 30–32.

Príspevok bol spracovaný v rámci grantovej výskumnej úlohy VEGA 1/2573/05 „Optimalizácia nákladov spravovania stavebných objektov metódou Facility managementu“ komisie VEGA pre stavebníctvo, architektúru, baníctvo a geotechniku.

Somorová, V.: Risks of Real Estate Development

Real estate development represents a professional, multidisciplinary and, organizationally, difficult activity. In its essence, it is a development process, aimed at the creation of building structures for the real estate market. Its main goal is to earn a profit on its sale or leasing. Real estate development involves risks as any other types of business do.

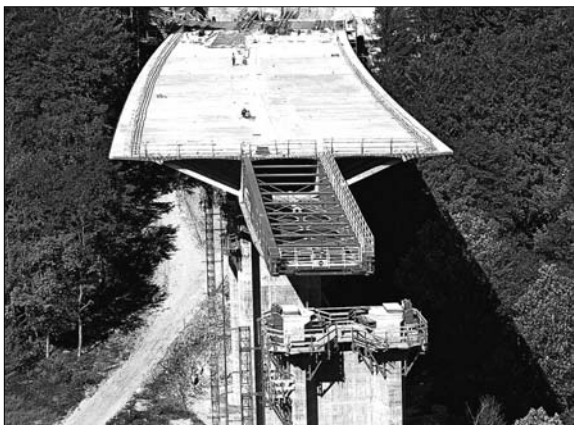
Somorová, V.: Risiken der Immobilien-Entwicklung

Die Entwicklung von Immobilien stellt eine fachliche, multidisziplinäre und organisatorisch aufwendige Tätigkeit dar. Im Wesentlichen handelt es sich um einen Entwicklungsprozess, dessen Ziel die Bereitstellung eines Bauobjekts für den Immobilienmarkt ist. Das vorrangige Ziel ist dabei die Erzielung von Gewinn aus dem Verkauf oder der Verpachtung der Immobilie. Wie jede andere Unternehmenstätigkeit ist auch das Facility Management mit Risiken verbunden.

● zprávy

Dálniční most překlenul údolí Rybného potoka

Koncem října byla na úseku dálnice D8 u hranic s Německem dokončena ojedinělá technická operace – pracovníci Metrostavu ve spolupráci s firmou VSL Systémy (CZ), s. r. o., zde vysunuli poslední segment 356 m dlouhé příčně i podélně předpjaté železobetonové mostní konstrukce, která údolí Rybného potoka přechází místy až ve výšce 50 m. Při této poslední etapě vysouvání bylo nutné uvést do pohybu kolos o hmotnosti více než 19 tis. t a jeho dráhu řídit s milimetrovou přesností. Ojedinělý postup výstavby byl zvolen především proto, že bylo nutné najít časové úspory. Stavba mostu přes Rybný potok byla totiž zpožděna řadou odvolání jejich odpůrců a původní projekt dvou samostatných mostů pro každý jízdní směr nebylo možné realizovat v termínu vázaném mezivládní dohodou.



Metrostav ve spolupráci s projektantem (SHP Brno) navrhl spojit obě mostovky do jednoho tělesa, které bylo betonováno a vysouváno postupně po segmentech o rozměrech 31,1 x 30 m. Tyto parametry řadí projekt k naprostým unikátům. Manipulace s tak těžkým a konstrukčně složitým břemenem se blíží hranici technických možností.

Vůbec poprvé od vzniku samostatné České republiky byla v případě této dopravní stavby použita také technologie posuvného bednění na mostní pilíře. Ta umožnila postavit 189 běžných metrů pilířů za pouhých 52 dnů v kvalitě požadované investorem. Posuvné bednění dodala firma Omega Teplo-techna, a. s., ve spolupráci s firmou Gleitbau Salzburg, GmbH. Tato metoda se ve světě používá na mostech s vysokými pilíři, postup vyžaduje nejen velkou přesnost, ale i speciálně upravené betonové směsi a perfektně sehrané pracovní týmy.

Díky zvoleným technologiím uplynulo od první betonáže základové konstrukce do posledního výsunu nosné konstrukce tohoto dálničního mostu jen sedm měsíců. Stavbu se podařilo urychlit, aniž by to znamenalo navýšení investičních nákladů.

Metrostav má s technologií vysouvání poměrně bohaté zkušenosti. Podobný postup výstavby zvolila firma například v případě nedávno dokončeného železničního mostu v Karlových Varech. Zcela unikátním způsobem byly mezi Holešovicemi a Trojou postaveny dva tunely metra pod Vltavou. Oba tubusy byly nejprve vybetonovány v suchém doku na břehu, a potom vysunuty do předem vyhloubené rýhy ve dně řeky.

Tisková informace

Može controller nahradit' práci manažéra firmy?

Ing. Zuzana CHODASOVÁ, Ph.D.
STU – Stavebná fakulta
Bratislava

Článok pojednáva o otázkach controllingu a jeho potrebe pre stavebné podniky ako nepostrádateľnej metóde používanej v manažmente podniku. Controlling je pre manažerov vysokokvalifikovaným zdrojom informácií za účelom dosiahnutia požadovaných cieľov.

Controlling je živá záležitosť, ktorá u nás nie je nová, pretože nadväzuje na najlepšie skúsenosti z podnikovej praxe z rokov predvojnových, a predovšetkým z podnikovej praxe zo začiatkov nášho vývoja po druhej svetovej vojne. Vtedy sa rozvíjala naša podniková teória i prax veľmi rýchlym tempom a priniesla cenné a dodnes platné poznatky. A práve controlling, ako progresívna metóda riadenia uplatňovaná po celom svete, sa na tieto poznatky môže odvolať.

Controlling, nazývaný aj podsystémom systému riadenia, pomáha dosiahnuť podnikové ciele, zabraňuje prekvapeniam a včas upozorňuje, ak sa objaví nebezpečenstvo. Predstavuje špecifickú formu práce s informáciami, ktorej úlohou nie je riadiť, ale pomáhať pri riadení podniku prostredníctvom informácií o reálnych procesoch [6].

Hlavné úlohy

K základným úlohám controllingu môžeme priradiť:

- porovnávanie plánu so skutočnosťou a kontrolu rozpočtu,
- strategické porovnávanie plánu so skutočnosťou,
- používanie nákladového účtovníctva,
- finančné plánovanie,
- reporting,
- analýzu odchýliek a ich príčin,
- interpretáciu správ,
- včasné varovanie na úzke miesta,
- vedenie pri rozpočtovaní,
- vedenie pri plánovaní investícií,
- spoluprácu pri plánovaní stratégie,
- bilancovanie,
- interné poradenstvo v rozhodovacom procese.

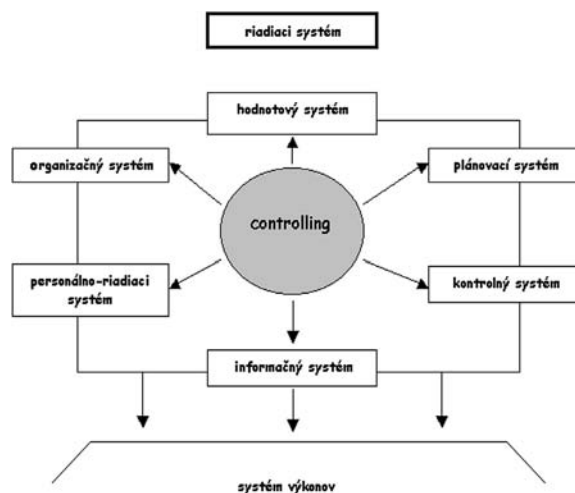
K tomu, aby mohol controlling plniť tieto úlohy, je potrebné:

- plánovanie,
- koordinácia činností,
- sprostredkovanie kontrolných a riadiacich informácií.

Činnosť controllingu má funkčne prierezový charakter ako nástroj riadenia podporuje podnikateľské procesy rozhodovania a riadenia [7]. Obsahuje aj kontrolnú funkciu, ale iba popri iných dôležitých funkciách. Pripravuje informácie pre riešenie plánovacích, rozhodovacích, implementačných a kontrolných úloh. Možno ho považovať za subsystém riadenia podniku (obr. 1).

K informačnej činnosti využíva predovšetkým dáta, ktoré sú k dispozícii v rámci základných systémov [3]. Kvalitu informácií, ktoré vytvára, určuje kvalitatívna úroveň východných informácií a spolupôsobiace faktory. Preto pri zavádzaní controllingu do praxe musíme na spomínané skutočnosti

klásť veľký význam, informácie pre rôzne stupne riadenia sa musia špecifikovať podľa potrieb manažmentu a tu zohráva dôležitú úlohu pracovník controllingu – controller.

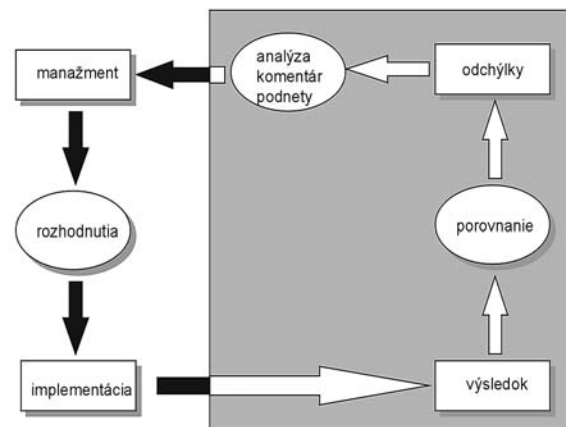


Obr. 1. Subsystémy riadenia podniku

Personálne zabezpečenie

Už spomenuté úlohy controllingu musí plniť osoba, ktorá dokáže svojimi schopnosťami, vedomosťami a skúsenosťami zabezpečiť bezchybný prenos informácií v podniku. V nemecky hovoriacich krajinách sa tento pracovník označuje ako „controller“, v anglicky hovoriacich krajinách „controller“. U nás sa najčastejšie používa označenie controller. Svojimi skúsenosťami a vedomosťami o podniku zabezpečuje bezporuchové fungovanie informačného toku v podniku [2].

Nároky kladené na ľudí, ktorí v controllingu pracujú, sú vysoké [5]. Analytické schopnosti by mali mať spojené so znalosťami plánovania, prognózovania, organizovania, spracovávania informácií a pod. Veľkou chybou sa v podnikoch stáva, že sa zamieňa funkcia controllera a manažéra, nakoľko každá z daných funkcií má svoje pracovné povinnosti, ktoré na seba nadväzujú, nie je vhodné ich zlučovať.



Obr. 2. Okruh úloh controllera

Dôležité je vymedziť aj vzťah medzi manažmentom a controllerom v podniku. Manažment rozhoduje, má zodpovednosť, controlling inšpiruje, hodnotí, analyzuje, kontroluje a dáva doporučenia. Controlling v podniku je vysoko kvalifikovaným poradenstvom manažérov, v dôsledku toho nemôžeme tieto funkcie v podniku spájať [4]. Danú skutočnosť charakterizuje aj obr. 2, ktorý poukazuje na rozdiel medzi manažérom a controllerom.

Obaja by mali úzko spolupracovať, manažér by sa nemal obávať o svoju pozíciu vo firme a nemal by brať controllera ako protivníka, ale ako partnera. Tabuľka 1 zjednodušené ukazuje postavenie manažéra a controllera v podniku a vymedzuje ich úlohy a funkcie v podniku [2].

Tab. 1. Funkcie manažéra a controllera v podniku

Controller	Manažér
pripravuje podklady pre plánovanie a rozhodovanie	plánuje a robí rozhodnutia
informuje o zistených odchýlkach medzi plánom a skutočnosťou a navrhuje ich odstránenie	robí opatrenia na odstránenie odchýlok
poskytuje podnikovohopodárske poradenstvo	získava odborné rady, aby robil racionálne opatrenia
zdokonaľuje metodiku kalkulovania, rozpočtovania	presadzuje controllingom podporované systémy kalkulovania, rozpočtovania
informuje o zmenách v podnikovom okolí	reaguje, aby udržal kontinuálnu rovnováhu s okolím
podnecuje podnikový rozvoj ako stimulátor (brzda)	stanovuje rozvojové ciele, základom je plánovanie a kontrola
je partnerom manažéra	akceptuje controllera v procese riadenia

V dôsledku, ak sa pozrieme na úlohy controllingu a jeho zameranie, je potom pochopiteľné, že s ním by sa mali zaoberať nielen pracovníci ekonomického zamerania, ale aj technicky orientovaní odborníci. Je zrejmé, že controlling neurobí zo dňa na deň zázraky, ale ak dostane priestor, významne podporí rozhodnutia manažérov na všetkých stupňoch riadenia. Preto by sa mali aj súčasní manažéri s danou problematikou oboznámiť a pochopiť nevyhnutnosť zavedenie controllingu do praxe [1]. Na Slovensku sa stretávame už s podnikateľskými jednotkami, ktoré považujú takúto prácu za opodstatnenú, však ešte je veľa firiem, ktoré o controlling nemajú záujem, lebo nepoznajú ani jeho prednosti.

Záver

Na základe spomínaných opodstatnených predpokladov uplatnenia controllingu v praxi uskutočňujeme na našej Katedre ekonomiky a riadenia stavebníctva už od roku 2000 prieskum v stavebných podnikoch na danú problematiku.

Na základe spolupráce so Zväzom stavebných podnikateľov SR začala táto analýza manažérskej a controllerskej práce v praxi a ďalej pokračuje pravidelným prieskumom na náhodne vybranej zložke stavebných podnikoch na Slovensku. Z výsledkov vyplýva, že veľmi často podnikatelia nevedia o rozdielnom postavení týchto funkcií a často sa spája funkcia manažéra a controllera aj z hľadiska zjednodušenia organizačnej štruktúry, čo v konečnom dôsledku neprispieva ku kvalite v riadiacej práci.

Príspevok bol spracovaný v rámci grantovej výskumnej úlohy 1/2588/05 „Zvyšovanie konkurenčnej schopnosti a meranie výkonnosti podnikov“.

Literatúra

- [1] Baran, D.: Aplikácia controllingu v podnikovej praxi. ES STU Bratislava, 2002, s. 28.
- [2] Foltínová, A. – Kalafutová, E.: Vnútropodnikový controlling. Bratislava, Ekonom 1997, s. 14.
- [3] Horáková, B.: Stavební firma 21 – Účetnictví, 2. vyd. Praha, Vydavatelství ČVUT 2003.
- [4] Chodasová, Z.: Kontrola v řízení. Bratislava, Vydavatelství STU 2000.
- [5] Kucharčíková, A.: Podnikové vzdělávání jako faktor konkurenční schopnosti na globálním trhu. In: PERNER'S CONTACT, Pardubice, 2003, s. 359.
- [6] Refäuter, D.: Strategisches Controlling auf der Basis des Cash Flow. Wiesbaden, 1990.
- [7] Vodák, J.: Marketing vo svetle tvorby stratégie malých a stredných podnikov. [Zborník], medzinárodná vedecká konferencia „Marketing a obchod – Príležitosti a riziká jednotného európskeho trhu“, Zvolen, 2003, s. 356.

Chodasová, Z.: Can a Controller Replace a Company Manager?

This paper deals with the question of controlling as an indispensable method used in the management of enterprises and its importance for building enterprises. For managers, controlling is a highly qualified source of information, helping them to achieve the goals set.

Chodasová, Z.: Kann ein Kontrolleur die Arbeit des Managers der Firma ersetzen?

Der Artikel behandelt Fragen des Controllings und seiner Notwendigkeit für Bauunternehmen als im Management des Unternehmens angewandte unverzichtbare Methode. Das Controlling ist für Manager eine hoch qualifizierte Quelle von Informationen zum Zwecke der Erreichung der gestellten Ziele.

Eschenbach, R.

Controlling

ASPI, Praha, 2005, 816 s., 1 200 Kč

Druhé vydání rozsáhlé publikace systematicky shrnuje vědecky fundované koncepční základy s praktickým know-how pro uživatele. Autoři ve svém výkladu vždy odkazují na příklady použití pocházející z běžné praxe controllera a manažera. Zvláštní pozornost věnují odpovědnosti controllerů.

www.aspi.cz

STAVEBNÍ OBZOR

ročník 14 – 2005

OBSAH



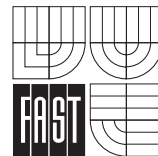
Fakulta stavební
ČVUT Praha



ČKAIT
Česká komora
autorizovaných inženýrů
a techniků



Český svaz stavebních
inženýrů



Fakulta stavební
VUT Brno



Fakulta stavební
VŠB TU –
Ostrava

ABECEDNÍ REJSTŘÍK

I

- Alarashi, A. – Fecko, L. – Priganc, S.:* Uhlíkové vlákna CFRP v betónových nosných prvcích, 7/197
- Blažek, R. – Skořepa, Z.:* Snížení vlivu refrakce na měření zenitové úhly Sanchezovou metodou, 2/54
- Broža, V.:* Povodně a politika, 5/135
- Brožovský, J. – Witzany, J. – Mencl, V. – Wasserbauer, R. – Gregerová, M. – Pospíšil, P. – Čejka, T. – Zigler, R. – Materna, A. – Cikrle, P.:* Souhrnné hodnocení teoretického a experimentálního výzkumu Karlova mostu v letech 1994 až 2004 – 2. část, 4/97
- Burgetová, E. – Čejka, T. – Witzany, J. – Mencl, V. – Wasserbauer, R. – Gregerová, M. – Pospíšil, P. – Zigler, R.:* Souhrnné hodnocení teoretického a experimentálního výzkumu Karlova mostu v letech 1994 až 2004 – 1. část, 3/65
- Cikrle, P. – Witzany, J. – Mencl, V. – Wasserbauer, R. – Gregerová, M. – Pospíšil, P. – Čejka, T. – Zigler, R. – Materna, A. – Brožovský, J.:* Souhrnné hodnocení teoretického a experimentálního výzkumu Karlova mostu v letech 1994 až 2004 – 2. část, 4/97
- Citta, M. – Korbelař, J. – Očadlík, P. – Ryjáček, P. – Schindler, J. – Veverková, J. – Malý, Z.:* Zaplavování mostu Košická v Bratislavě, 1/1
- Čáповá, D. – Janošíková, A.:* Sestavování propočtových ukazatelů pro rekonstrukce staveb pro bydlení, 7/222
- Čejka, T. – Witzany, J. – Mencl, V. – Wasserbauer, R. – Gregerová, M. – Pospíšil, P. – Zigler, R. – Burgetová, E.:* Souhrnné hodnocení teoretického a experimentálního výzkumu Karlova mostu v letech 1994 až 2004 – 1. část, 3/65
- Čejka, T. – Witzany, J. – Mencl, V. – Wasserbauer, R. – Gregerová, M. – Pospíšil, P. – Zigler, R. – Materna, A. – Cikrle, P. – Brožovský, J.:* Souhrnné hodnocení teoretického a experimentálního výzkumu Karlova mostu v letech 1994 až 2004 – 2. část, 4/97
- Černý, R. – Friedlová, L. – Němečková, J. – Tesárek, P. – Rovnaníková, P.:* Tepelné a vlhkostní vlastnosti kompozitního materiálu na bázi alkalicky aktivované strusky, 2/40
- Černý, R. – Jiříčková, M. – Stoklasová, D.:* Vazebné izotermy solí ve stavebních materiálech, 6/164
- Černý, R. – Kunca, A. – Tydlitát, V. – Rovnaníková, P.:* Mechanické namáhání vápenných omítek s pucolánovými přísadami vyvolané změnami teploty a vlhkosti, 2/45
- Černý, R. – Mňahončáková, E. – Jiříčková, M. – Padevět, P.:* Základní mechanické, tepelné a vlhkostní parametry vysokohodnotného betonu, 5/144
- Černý, R. – Pavlík, Z. – Fiala, L. – Sobczuk, H. – Suchorab, Z.:* Sledování průběhu nasákavosti porézních stavebních materiálů metodou TDR, 6/167
- Černý, R. – Pavlík, Z. – Jiříčková, M.:* Stanovení tepelně vlhkostní funkce obvodové konstrukce na bázi vysokohodnotného betonu, 6/187
- Černý, R. – Pavlík, Z. – Jiříčková, M. – Rovnaníková, P.:* Experimentální počítačová analýza kombinovaného transportu vlhkosti a chloridů v cementové maltě, 2/50
- Černý, R. – Rovnaníková, P. – Tydlitát, V. – Tesárek, P. – Kunca, A.:* Vliv mletého cihelného střepu jako pucolánové příměsi na vlastnosti vápenné omítky, 8/244

- Černý, R. – Tesárek, P. – Pavlík, J.: Porovnání kapacitní metody a mikrovlnné impulsní metody při určení součinitele vlhkostní vodivosti, 3/88
- Černý, R. – Tydlitát, V. – Tesárek, P. – Kunca, A. – Friedlová, L. – Rovnaníková, P.: Tepelné a vlhkostní vlastnosti vápenné omítky s přísadou metakaolinů – 2. část, 1/16
- Černý, R. – Tydlitát, V. – Tesárek, P. – Kunca, A. – Zuda, L. – Rovnaníková, P.: Vliv hydrofobizace na vlastnosti vápenné omítky s metakaolinem, 5/150
- Danilevsky, A.: Katastrofální povodeň na Rio Negro, 5/138
- Dolejš, J.: Chování spřažených ocelobetonových nosníků z vysokopevnostních materiálů, 8/225
- Fecko, L. – Priganc, S. – Alarashi, A.: Uhlíkové vlákna CFRP v betonových nosných prvcích, 7/197
- Fecko, L. – Šimková, S. – Priganc, S.: Napětost vystuženého betonového prvku při zvýšených teplotách, 9/274
- Fiala, L. – Černý, R. – Pavlík, Z. – Sobczuk, H. – Suchorab, Z.: Sledování průběhu nasákavosti porézních stavebních materiálů metodou TDR, 6/167
- Ficker, T. – Němec, P.: Fraktální geometrie – Fraktalita koloidních agregátů a pórovitých látek, 6/178 – Fraktalita cementových gelů, 7/208
- Fišer, Z. – Vondrák, J. – Žufanová, V.: Analýza digitálních katastrálních map v katastrálních územích Brna, 10/303
- Friedlová, L. – Němečková, J. – Tesárek, P. – Černý, R. – Rovnaníková, P.: Tepelné a vlhkostní vlastnosti kompozitního materiálu na bázi alkalicky aktivované strusky, 2/40
- Friedlová, L. – Tydlitát, V. – Tesárek, P. – Kunca, A. – Černý, R. – Rovnaníková, P.: Tepelné a vlhkostní vlastnosti vápenné omítky s přísadou metakaolinů – 2. část, 1/16
- Fryba, L.: Zmenšení dynamických účinků na předpjatých mostech, 9/257
- Fuhrland, M. – Möser, M.: Úhlová zrcadla pro totální stanice – nové možnosti měření v architektuře, 7/214
- Gregerová, M. – Čejka, T. – Witzany, J. – Mencl, V. – Wasserbauer, R. – Pospíšil, P. – Zigler, R. – Burgetová, E.: Souhrnné hodnocení teoretického a experimentálního výzkumu Karlova mostu v letech 1994 až 2004 – 1. část, 3/65
- Gregerová, M. – Witzany, J. – Mencl, V. – Wasserbauer, R. – Pospíšil, P. – Čejka, T. – Zigler, R. – Materna, A. – Cikrle, P. – Brožovský, J.: Souhrnné hodnocení teoretického a experimentálního výzkumu Karlova mostu v letech 1994 až 2004 – 2. část, 4/97
- Guschlová, Z. – Matoušek, J. – Kuráž, V.: Modelování elektrického pole pomocí softwaru TriComp 5.0, 10/298
- Hánek, P. – Janžurová, I. – Hánek, P. jr.: Geodetická měření pro určení svahových sesuvů v lokální prostorové síti Rabenov, 1/21
- Havlík, A. – Pícek, T.: Výpočet vzdušní hladiny při tlakovém proudění mostním otvorem, 6/174
- Horvathová, V. – Kos, Z. – Vedralová, A.: Vodohospodářské dopady změny klimatu a Kjótský protokol, 8/239
- Chlup, J.: Zkoušky ručního laserového dálkoměru DISTOpro², 4/117
- Chodasová, Z.: Može controller nahradit práci manažera firmy? 10/312
- Chovanec, J.: Vícekriteriální optimalizace ve znalecké činnosti, 4/114
- Janošíková, A. – Čáповá, D.: Sestavování propočtových ukazatelů pro rekonstrukce staveb pro bydlení, 7/222
- Janžurová, I. – Hánek, P. – Hánek, P. jr.: Geodetická měření pro určení svahových sesuvů v lokální prostorové síti Rabenov, 1/21
- Jasaň, P.: Monolitická stropní konstrukce s rovným podhledem vylehčená ve spodní části svého objemu, 6/161
- Jiříčková, M. – Pavlík, Z. – Rovnaníková, P. – Černý, R.: Experimentální a počítačová analýza kombinovaného transportu vlhkosti a chloridů v cementové maltě, 2/50
- Jiříčková, M. – Mňahončáková, E. – Padevět, P. – Černý, R.: Základní mechanické, tepelné a vlhkostní parametry vysokohodnotného betonu, 5/144
- Jiříčková, M. – Černý, R. – Stoklasová, D.: Vazebné izotermy solí ve stavebních materiálech, 6/164
- Jiříčková, M. – Černý, R. – Pavlík, Z.: Stanovení tepelné vlhkostní funkce obvodové konstrukce na bázi vysokohodnotného betonu, 6/187
- Klokočníková, H. – Zdražil, T. – Vodák, F.: Změny struktury a pevnosti betonu vyvolané tepelným namáháním, 5/141
- Koiš, R. – Lemák, D. – Kolba, J.: Dostavba centrálního dvorce Národního tenisového centra Morava, 3/84
- Koiš, R. – Lemák, D. – Studnička, J.: Vliv tuhosti uložení na chování ocelového rámu, 8/230
- Kolba, J. – Lemák, D. – Koiš, R.: Dostavba centrálního dvorce Národního tenisového centra Morava, 3/84
- Korbelář, J. – Očadlík, P. – Ryjáček, P. – Schindler, J. – Veverková, J. – Malý, Z. – Citta, M.: Zaplavování mostu Košická v Bratislavě, 1/1
- Kos, Z. – Vedralová, A. – Horvathová, V.: Vodohospodářské dopady změny klimatu a Kjótský protokol, 8/239
- Koska, B. – Štroner, M. – Pospíšil, J.: Laserový skenovací systém LORS – vývoj a ověřování přesnosti, 4/123
- Králík, M.: Boční přelivy a bezpečnost přehrad, 6/172
- Kropáč, O. – Můčka, P.: Podélné nerovnosti vozovek – poznatky z rozsáhlých měření in situ, 5/154
- Křivka, P.: Metoda odhadu ochranného potenciálu pro hodnocení systémů protipovodňových opatření v ucelených povodích, 8/234
- Kuda, F. – Návrat, V. – Wittichová, Š.: Integrovaný dopravní systém Olomouckého kraje, 7/218
- Kunca, A. – Černý, R. – Tydlitát, V. – Rovnaníková, P.: Mechanické namáhání vápenných omítek s pucolánovými přísadami vyvolané změnami teploty a vlhkosti, 2/45
- Kunca, A. – Černý, R. – Tydlitát, V. – Tesárek, P. – Zuda, L. – Rovnaníková, P.: Vliv hydrofobizace na vlastnosti vápenné omítky s metakaolinem, 5/150
- Kunca, A. – Černý, R. – Rovnaníková, P. – Tydlitát, V. – Tesárek, P.: Vliv mletého cihelného střeptu jako pucolánové příměsi na vlastnosti vápenné omítky, 8/244
- Kunca, A. – Tydlitát, V. – Tesárek, P. – Friedlová, L. – Černý, R. – Rovnaníková, P.: Tepelné a vlhkostní vlastnosti vápenné omítky s přísadou metakaolinů – 2. část, 1/16
- Kuráž, V. – Guschlová, Z. – Matoušek, J.: Modelování elektrického pole pomocí softwaru TriComp 5.0, 10/298

- Kuráž, V. – Matoušek, J.: Ověření plošných elektrod pro dielektrické měření vlhkosti porézních materiálů, 4/107
- Lemák, D. – Koiš, R. – Kolba, J.: Dostavba centrálního dvorce Národního tenisového centra Morava, 3/84
- Lemák, D. – Koiš, R. – Studnička, J.: Vliv tuhosti uložení na chování ocelového rámu, 8/230
- Lubas, A. – Rotter, T.: Posuzování ocelových konstrukcí z hlediska křehkého lomu, 2/36
- Macháček, J. – Marek, J.: Trapézové ocelové oblouky pro štíhlé železobetonové stropy, 10/289
- Makovička, D. – Makovička, D. jr.: Izolace budov proti nadměrným vibračním od provozu metra, 1/8
– Zatížení stavebních konstrukcí vibracemi od povrchové a podpovrchové dopravy, 9/261
- Malinovský, M.: Délka vět v češtině a angličtině (s přihlednutím k jiným jazykům), 6/183
- Malý, Z. – Korbelář, J. – Očadlík, P. – Ryjáček, P. – Schindler, J. – Veverková, J. – Citta, M.: Zaplavování mostu Košická v Bratislavě, 1/1
- Marek, J. – Macháček, J.: Trapézové ocelové oblouky pro štíhlé železobetonové stropy, 10/289
- Materna, A. – Witzany, J. – Mencl, V. – Wasserbauer, R. – Gregerová, M. – Pospíšil, P. – Čejka, T. – Zigler, R. – Cikrle, P. – Brožovský, J.: Souhrnné hodnocení teoretického a experimentálního výzkumu Karlova mostu v letech 1994 až 2004 – 2. část, 4/97
- Matoušek, J. – Guschlová, Z. – Kuráž, V.: Modelování elektrického pole pomocí softwaru TriComp 5.0, 10/298
- Matoušek, J. – Kuráž, V.: Ověření plošných elektrod pro dielektrické měření vlhkosti porézních materiálů, 4/107
- Mencl, V. – Čejka, T. – Witzany, J. – Wasserbauer, R. – Gregerová, M. – Pospíšil, P. – Zigler, R. – Burgetová, E.: Souhrnné hodnocení teoretického a experimentálního výzkumu Karlova mostu v letech 1994 až 2004 – 1. část, 3/65
- Mencl, V. – Witzany, J. – Wasserbauer, R. – Gregerová, M. – Pospíšil, P. – Čejka, T. – Zigler, R. – Materna, A. – Cikrle, P. – Brožovský, J.: Souhrnné hodnocení teoretického a experimentálního výzkumu Karlova mostu v letech 1994 až 2004 – 2. část, 4/97
- Mňahončáková, E. – Jiříčková, M. – Padevět, P. – Černý, R.: Základní mechanické, tepelné a vlhkostní parametry vysokohodnotného betonu, 5/144
- Möser, M. – Fuhrland, M.: Úhlová zrcadla pro totální stanice – nové možnosti měření v architektuře, 7/214
- Můčka, P. – Kropáč, O.: Podélné nerovnosti vozovek – poznatky z rozsáhlých měření in situ, 5/154
- Musílek, J. – Vraný, T.: Zatížení jeřábové dráhy způsobené přičením mostového jeřábu, 5/129
- Návrat, V. – Kuda, F. – Wittichová, Š.: Integrovaný dopravní systém Olomouckého kraje, 7/218
- Němec, P. – Ficker, T.: Fraktální geometrie
– Fraktalita koloidních agregátů a pórovitých látek, 6/178
– Fraktalita cementových gelů, 7/208
- Němečková, J. – Friedlová, L. – Tesárek, P. – Černý, R. – Rovnaníková, P.: Tepelné a vlhkostní vlastnosti kompozitního materiálu na bázi alkalicky aktivované strusky, 2/40
- Očadlík, P. – Korbelář, J. – Ryjáček, P. – Schindler, J. – Veverková, J. – Malý, Z. – Citta, M.: Zaplavování mostu Košická v Bratislavě, 1/1
- Padevět, P. – Mňahončáková, E. – Jiříčková, M. – Černý, R.: Základní mechanické, tepelné a vlhkostní parametry vysokohodnotného betonu, 5/144
- Pavelka, K. – Štroner, M.: Jednoduché potlačení vlivu vad objektivu neměřických komor, 1/26
- Pavlík, Z. – Černý, R. – Fiala, L. – Sobczuk, H. – Suchorab, Z.: Sledování průběhu nasákovosti porézních stavebních materiálů metodou TDR, 6/167
- Pavlík, Z. – Černý, R. – Jiříčková, M.: Stanovení tepelně vlhkostní funkce obvodové konstrukce na bázi vysokohodnotného betonu, 6/187
- Pavlík, J. – Černý, R. – Tesárek, P.: Porovnání kapacitní metody a mikrovlnné impulsní metody při určení součinitele vlhkostní vodivosti, 3/88
- Pavlík, Z. – Jiříčková, M. – Rovnaníková, P. – Černý, R.: Experimentální a počítačová analýza kombinovaného transportu vlhkosti a chloridů v cementové maltě, 2/50
- Píček, T. – Havlík, A.: Výpočet vzduť hladiny při tlakovém proudění mostním otvorem, 6/174
- Pospíšil, P. – Čejka, T. – Witzany, J. – Mencl, V. – Wasserbauer, R. – Gregerová, M. – Zigler, R. – Burgetová, E.: Souhrnné hodnocení teoretického a experimentálního výzkumu Karlova mostu v letech 1994 až 2004 – 1. část, 3/65
- Pospíšil, P. – Witzany, J. – Mencl, V. – Wasserbauer, R. – Gregerová, M. – Čejka, T. – Zigler, R. – Materna, A. – Cikrle, P. – Brožovský, J.: Souhrnné hodnocení teoretického a experimentálního výzkumu Karlova mostu v letech 1994 až 2004 – 2. část, 4/97
- Pospíšil, J. – Koska, B. – Štroner, M.: Laserový skenovací systém LORS – vývoj a ověřování přesnosti, 4/123
- Pospíšil, J. – Štroner, M.: Moderní geodetické technologie a přístroje pro laserové skenování, 8/249
– Moderní geodetické technologie a přístroje pro měření délek a úhlů, 9/249
– Návrh skenovacího systému s virtuálními binárními značkami, 10/300
- Priganc, S. – Alarashi, A. – Ficko, L.: Uhlíkové vlákna CERP v betonových nosných prvcích, 7/197
- Priganc, S. – Šimková, S. – Fecko, L.: Napětost vystuženého betonového prvku při zvýšených teplotách, 9/274
- Rejman, F.: Využití ortogonálních polynomů u metody nejmenších čtverců, 10/296
- Rotter, T. – Lubas, A.: Posuzování ocelových konstrukcí z hlediska křehkého lomu, 2/36
- Rovnaníková, P. – Černý, R. – Tydlitát, V. – Tesárek, P. – Kunca, A. – Zuda, L.: Vliv hydrofobizace na vlastnosti vápenné omítky s metakaolinem, 5/150
- Rovnaníková, P. – Friedlová, L. – Němečková, J. – Tesárek, P. – Černý, R.: Tepelné a vlhkostní vlastnosti kompozitního materiálu na bázi alkalicky aktivované strusky, 2/40
- Rovnaníková, P. – Kunca, A. – Černý, R. – Tydlitát, V.: Mechanické namáhání vápenných omítek s pucolánovými přísadami vyvolané změnami teploty a vlhkosti, 2/45
- Rovnaníková, P. – Pavlík, Z. – Jiříčková, M. – Černý, R.: Experimentální a počítačová analýza kombinovaného transportu vlhkosti a chloridů v cementové maltě, 2/50

- Rovnaníková, P. – Tydlitát, V. – Tesárek, P. – Kunca, A. – Černý, R.: Vliv mletého cihelného střeptu jako pucolánové příměsi na vlastnosti vápenné omítky, 8/244
- Rovnaníková, P. – Tydlitát, V. – Tesárek, P. – Kunca, A. – Friedlová, L. – Černý, R.: Tepelné a vlhkostní vlastnosti vápenné omítky s přísadou metakaolinů – 2. část, 1/16
- Schindler, J. – Korbelař, J. – Očadlík, P. – Ryjáček, P. – Veverková, J. – Malý, Z. – Citta, M.: Zaplavování mostu Košická v Bratislavě, 1/1
- Silovský, T.: Ověřování průmyslové stanice Leica TDA 5005, 2/57
- Skořepa, R. – Blažek, R.: Snížení vlivu refrakce na měření zenitové úhly Sanchezovou metodou, 2/54
- Smetanová, L. – Sokolář, R.: Za sucha lisované obkladové prvky z druhotných surovin, 9/270
- Sobczuk, H. – Černý, R. – Pavlík, Z. – Fiala, L. – Suchorab, Z.: Sledování průběhu nasákavosti porézních stavebních materiálů metodou TDR, 6/167
- Sokolář, R. – Smetanová, L.: Za sucha lisované obkladové prvky z druhotných surovin, 9/270
- Somorová, V.: Riziká developementu nehnuteľností, 10/309
- Stoklasová, D. – Černý, R. – Jiříčková, M.: Vazebné izotermy solí ve stavebních materiálech, 6/164
- Studnička, J. – Lemák, D. – Koiš, R.: Vliv tuhosti uložení na chování ocelového rámu, 8/230
- Suchorab, Z. – Černý, R. – Pavlík, Z. – Fiala, L. – Sobczuk, H.: Sledování průběhu nasákavosti porézních stavebních materiálů metodou TDR, 6/167
- Šimková, S. – Priganc, S. – Fecko, L.: Napätosť vystuženého betónového prvku pri zvýšených teplotách, 9/274
- Štroner, M. – Koska, B. – Pospíšil, J.: Laserový skenovací systém LORS – vývoj a ověřování přesnosti, 4/123
- Štroner, M. – Pavelka, K.: Jednoduché potlačení vlivu vad objektu neměřických komor, 1/26
- Štroner, M. – Pospíšil, J.: Moderní geodetické technologie a přístroje pro laserové skenování, 8/249
- Moderní geodetické technologie a přístroje pro měření délek a úhlů, 9/279
 - Návrh skenovacího systému s virtuálními binárními značkami, 10/300
- Teplý, B.: Mezní stavy včera, dnes a zítra, 7/193
- Tesárek, P. – Černý, R. – Pavlík, J.: Porovnání kapacitní metody a mikrovlnné impulsní metody při určení součinitele vlhkostní vodivosti, 3/88
- Tesárek, P. – Černý, R. – Tydlitát, V. – Kunca, A. – Zuda, L. – Rovnaníková, P.: Vliv hydrofobizace na vlastnosti vápenné omítky s metakaolinem, 5/150
- Tesárek, P. – Friedlová, L. – Němečková, J. – Černý, R. – Rovnaníková, P.: Tepelné a vlhkostní vlastnosti kompozitního materiálu na bázi alkalicky aktivované strusky, 2/40
- Tesárek, P. – Kunca, A. – Černý, R. – Rovnaníková, P. – Tydlitát, V.: Vliv mletého cihelného střeptu jako pucolánové příměsi na vlastnosti vápenné omítky, 8/244
- Tesárek, P. – Tydlitát, V. – Kunca, A. – Friedlová, L. – Černý, R. – Rovnaníková, P.: Tepelné a vlhkostní vlastnosti vápenné omítky s přísadou metakaolinů – 2. část, 1/16
- Tichý, M.: Riziko – spolehlivost – jakost, 2/33
- Tydlitát, V. – Černý, R. – Tesárek, P. – Kunca, A. – Zuda, L. – Rovnaníková, P.: Vliv hydrofobizace na vlastnosti vápenné omítky s metakaolinem, 5/150
- Tydlitát, V. – Kunca, A. – Černý, R. – Rovnaníková, P.: Mechanické namáhání vápenných omítek s pucolánovými přísadami vyvolané změnami teploty a vlhkosti, 2/45
- Tydlitát, V. – Tesárek, P. – Kunca, A. – Černý, R. – Rovnaníková, P.: Vliv mletého cihelného střeptu jako pucolánové příměsi na vlastnosti vápenné omítky, 8/244
- Tydlitát, V. – Tesárek, P. – Kunca, A. – Friedlová, L. – Černý, R. – Rovnaníková, P.: Tepelné a vlhkostní vlastnosti vápenné omítky s přísadou metakaolinů – 2. část, 1/16
- Vávra, R.: Sálavé vlastnosti povrchových vrstev stavebních konstrukcí, 7/202
- Vedralová, A. – Horvathová, V. – Kos, Z.: Vodohospodářské dopady změny klimatu a Kjótský protokol, 8/239
- Veverková, J. – Korbelař, J. – Očadlík, P. – Ryjáček, P. – Schindler, J. – Malý, Z. – Citta, M.: Zaplavování mostu Košická v Bratislavě, 1/1
- Vodák, F. – Klokočnicková, H. – Zadražil, T.: Změny struktury a pevnosti betonu vyvolané tepelným namáháním, 5/141
- Vondrák, J. – Fišer, Z. – Žufanová, V.: Analýza digitálních katastrálních map v katastrálních územích Brna, 10/303
- Vraný, T. – Musílek, J.: Zatížení jeřábové dráhy způsobené přičlením mostového jeřábu, 5/129
- Wasserbauer, R. – Witzany, J. – Mencl, V. – Gregerová, M. – Pospíšil, P. – Čejka, T. – Zigler, R. – Burgetová, E.: Souhrnné hodnocení teoretického a experimentálního výzkumu Karlova mostu v letech 1994 až 2004 – 1. část, 3/65
- Wasserbauer, R. – Witzany, J. – Mencl, V. – Gregerová, M. – Pospíšil, P. – Čejka, T. – Zigler, R. – Materna, A. – Cikrle, P. – Brožovský, J.: Souhrnné hodnocení teoretického a experimentálního výzkumu Karlova mostu v letech 1994 až 2004 – 2. část, 4/97
- Witzany, J. – Wasserbauer, R. – Mencl, V. – Gregerová, M. – Pospíšil, P. – Čejka, T. – Zigler, R. – Burgetová, E.: Souhrnné hodnocení teoretického a experimentálního výzkumu Karlova mostu v letech 1994 až 2004 – 1. část, 3/65
- Witzany, J. – Mencl, V. – Wasserbauer, R. – Gregerová, M. – Pospíšil, P. – Čejka, T. – Zigler, R. – Materna, A. – Cikrle, P. – Brožovský, J.: Souhrnné hodnocení teoretického a experimentálního výzkumu Karlova mostu v letech 1994 až 2004 – 2. část, 4/97
- Wittichová, Š. – Návrat, V. – Kuda, F.: Integrovaný dopravní systém Olomouckého kraje, 7/218
- Zadražil, T. – Vodák, F. – Klokočnicková, H.: Změny struktury a pevnosti betonu vyvolané tepelným namáháním, 5/141
- Zigler, R. – Čejka, T. – Witzany, J. – Mencl, V. – Wasserbauer, R. – Gregerová, M. – Pospíšil, P. – Burgetová, E.: Souhrnné hodnocení teoretického a experimentálního výzkumu Karlova mostu v letech 1994 až 2004 – 1. část, 3/65
- Zigler, R. – Witzany, J. – Mencl, V. – Wasserbauer, R. – Gregerová, M. – Pospíšil, P. – Čejka, T. – Materna, A. – Cikrle, P. – Brožovský, J.: Souhrnné hodnocení teoretického a experimentálního výzkumu Karlova mostu v letech 1994 až 2004 – 2. část, 4/97
- Zuda, L. – Černý, R. – Tydlitát, V. – Tesárek, P. – Kunca, A. – Rovnaníková, P.: Vliv hydrofobizace na vlastnosti vápenné omítky s metakaolinem, 5/150
- Žufanová, V. – Fišer, Z. – Vondrák, J.: Analýza digitálních katastrálních map v katastrálních územích Brna, 10/303

VĚCNÝ REJSTŘÍK

■ matematika

Využití ortogonálních polynomů u metody nejmenších čtverců (*Rejman, F.*), 10/296

■ stavební hmoty

Experimentální a počítačová analýza kombinovaného transportu vlhkosti a chloridů v cementové maltě (*Pavlík, Z. – Jiříčková, M. – Rovnaníková, P. – Černý, R.*), 2/50

Fraktalita koloidních agregátů a pórovitých látek (*Ficker, T. – Němec, P.*), 6/178

Fraktalita cementových gelů (*Ficker, T. – Němec, P.*), 7/208

Mechanické namáhání vápenných omítek s pucolánovými přísadami vyvolané změnami teploty a vlhkosti (*Kunca, A. – Černý, R. – Tydlitát, V. – Rovnaníková, P.*), 2/45

Ověření plošných elektrod pro dielektrické měření vlhkosti porézních materiálů (*Kuráž, V. – Matoušek, J.*), 4/107

Porovnání kapacitní metody a mikrovlnné impulsní metody při určení součinitele vlhkostní vodivosti (*Tesárek, P. – Pavlík, J. – Černý, R.*), 3/88

Sálavé vlastnosti povrchových vrstev stavebních konstrukcí (*Vávra, R.*), 7/202

Sledování průběhu nasákavosti porézních stavebních materiálů metodou TDR (*Pavlík, Z. – Fiala, L. – Černý, R. – Sobczuk, H. – Suchorab, Z.*), 6/167

Tepebné a vlhkostní vlastnosti vápenné omítky s přísadou metakaolinů – 2. část (*Tydlitát, V. – Tesárek, P. – Kunca, A. – Friedlová, L. – Černý, R. – Rovnaníková, P.*), 1/16

Tepebné a vlhkostní vlastnosti kompozitního materiálu na bázi alkalicky aktivované strusky (*Friedlová, L. – Němečková, J. – Tesárek, P. – Černý, R. – Rovnaníková, P.*), 2/40

Vazebné izotermy solí ve stavebních materiálech (*Jiříčková, M. – Stoklasová, D. – Černý, R.*), 6/164

Vliv hydrofobizace na vlastnosti vápenné omítky s metakaolinem (*Tydlitát, V. – Tesárek, P. – Kunca, A. – Zuda, L. – Černý, R. – Rovnaníková, P.*), 5/150

Vliv mletého cihelného střepu jako pucolánové příměsi na vlastnosti vápenné omítky (*Tydlitát, V. – Tesárek, P. – Kunca, A. – Černý, R. – Rovnaníková, P.*), 8/244

Za sucha lisované obkladové prvky z druhotných surovin (*Sokolář, R. – Smetanová, L.*), 9/270

■ konstrukce pozemních staveb

Souhrnné hodnocení teoretického a experimentálního výzkumu Karlova mostu v letech 1994 až 2004

– 1. část (*Witzany, J. – Mencl, V. – Wasserbauer, R. – Gregerová, M. – Pospíšil, P. – Čejka, T. – Zigler, R. – Burgetová, E.*), 3/65

– 2. část (*Witzany, J. – Mencl, V. – Wasserbauer, R. – Gregerová, M. – Pospíšil, P. – Čejka, T. – Zigler, R. – Materna, A. – Cikrle, P. – Brožovský, J.*), 4/97

Stanovení tepelně vlhkostní funkce obvodové konstrukce na bázi vysokohodnotného betonu (*Pavlík, Z. – Jiříčková, M. – Černý, R.*), 6/187

■ ekonomika a řízení ve stavebnictví

Riziká developmentu nehnuteľností (*Somorová, V.*), 10/308
Može controller nahradit práci manažera firmy? (*Chodasová, Z.*), 10/312

Riziko – spolehlivost – jakost (*Tichý, M.*), 2/33

Sestavování propočtových ukazatelů pro rekonstrukce staveb pro bydlení (*Janošíková, A. – Čáková, D.*), 7/222

Vícekritériální optimalizace ve znalecké činnosti (*Chovanec, J.*), 4/114

■ inženýrská informatika

Délka vět v češtině a angličtině (s přihlednutím k jiným jazykům) (*Malinovský, M.*), 6/183

Integrovaný dopravní systém Olomouckého kraje (*Kuda, F. – Návrat, V. – Wittichová, Š.*), 7/218

■ stavební mechanika

Isolace budov proti nadměrným vibracím od provozu metra (*Makovička, D. – Makovička, D. jr.*), 1/8

Mezní stavy včera, dnes a zítra (*Teplý, B.*), 7/193

Zatížení stavebních konstrukcí vibracemi od povrchové a podpovrchové dopravy (*Makovička, D. – Makovička, D. jr.*), 9/261

■ betonové konstrukce a mosty

Monolitická stropní konstrukce s rovným podhledem vylehčená ve spodní části svého objemu (*Jasaň, P.*), 6/161

Napětost vystuženého betonového prvku při zvýšených teplotách (*Šimková, S. – Priganc, S. – Fecko, L.*), 9/274

Uhlíkové vlákna CFRP v betonových nosných prvcích (*Priganc, S. – Alarashi, A. – Fecko, L.*), 7/197

Základní mechanické, tepelné a vlhkostní parametry vysokohodnotného betonu (*Jiříčková, M. – Mňahončáková, E. – Padevět, P. – Černý, R.*), 5/144

Zmenšení dynamických účinků na předpjatých mostech (*Frýba, L.*), 9/257

Změny struktury a pevnosti betonu vyvolané tepelným namáháním (*Zadrazil, T. – Vodák, F. – Klokočníková, H.*), 5/141

■ ocelové konstrukce

Dostavba centrálního dvorce Národního tenisového centra Morava (*Lemák, D. – Koiš, R. – Kolba, J.*), 3/84

Chování spřažených ocelobetonových nosníků z vysokopevnostních materiálů (*Dolejš, J.*), 8/225

Posuzování ocelových konstrukcí z hlediska křehkého lomu (*Lubas, A. – Rotter, T.*), 2/36

Riziko – spolehlivost – jakost (*Tichý, M.*), 2/33

Trapézové ocelové oblouky pro štíhlé železobetonové stropy (*Marek, J. – Macháček, J.*), 10/289

Vliv tuhosti uložení na chování ocelového rámu (*Lemák, D. – Koiš, R. – Studnička, J.*), 8/230

Zaplavování mostu Košická v Bratislavě (*Korbelář, J. – Očadlík, P. – Ryjáček, P. – Schindler, J. – Veverková, J. – Malý, Z. – Citta, M.*), 1/1

Zatížení jeřábové dráhy způsobené přičlením mostového jeřábu (*Musílek, J. – Vraný, T.*), 5/129

■ silniční stavby

Podélné nerovnosti vozovek – poznatky z rozsáhlých měření in situ (*Kropáč, O. – Múčka, P.*), 5/154

■ hydraulika a hydrologie

Boční přelivy a bezpečnost přehrad (*Králík, M.*), 6/172
Vodohospodářské dopady změny klimatu a Kjótský protokol (*Vedralová, A. – Horvathová, V. – Kos, Z.*), 8/239
Výpočet vzdutí hladiny při tlakovém proudění mostním otvorem (*Picek, T. – Havlík, A.*), 6/174

■ hydrotechnika

Katastrofální povodeň na Rio Negro (*Danilevsky, A.*), 5/138
Povodně a politika (*Broža, V.*), 5/135

■ hydromeliorace a krajinné inženýrství

Metoda odhadu ochranného potenciálu pro hodnocení systémů protipovodňových opatření v ucelených povodích (*Křivka, P.*), 8/234

■ geodzie a pozemkové úpravy

Analýza digitálních katastrálních map v katastrálních územích Brna (*Vondrák, J. – Fišer, Z. – Žufanová, V.*), 10/303
Geodetická měření pro určení svahových sesuvů v lokální prostorové síti Rabenov (*Hánek, P. – Janžurová, I. – Hánek, P. jr.*), 1/21
Jednoduché potlačení vlivu vad objektivu neměřických komor (*Pavelka, K. – Štroner, M.*), 1/26
Laserový skenovací systém LORS – vývoj a ověřování přesnosti (*Koska, B. – Štroner, M. – Pospíšil, J.*), 4/123
Moderní geodetické technologie a přístroje pro laserové skenování (*Pospíšil, J. – Štroner, M.*), 8/249
Moderní geodetické technologie a přístroje pro měření délek a úhlů (*Pospíšil, J. – Štroner, M.*), 9/279
Návrh skenovacího systému s virtuálními binárními značkami (*Štroner, M. – Pospíšil, J.*), 10/300
Ověřování průmyslové stanice Leica TDA 5005 (*Silovský, T.*), 2/57
Snížení vlivu refrakce na měřené zenitové úhly Sanchezovou metodou (*Blažek, R. – Skořepa, Z.*), 2/54
Úhlová zrcadla pro totální stanice – nové možnosti měření v architektuře (*Fuhrland, M. – Möser, M.*), 7/214
Zkoušky ručního laserového dálkoměru DISTOpro² (*Chlup, J.*), 4/117

■ software

Modelování elektrického pole pomocí softwaru TriComp 5.0 (*Guschlová, Z. – Matoušek, J. – Kuráž, V.*), 10/298

■ bienále

Industriální stopy 2005 (– r –), 4/106, 6/166

■ ČVUT

Otevření Laboratoře nukleární magnetické rezonance (– r –), 2/60

■ **dizertace** 2/44, 2/56, 3/94, 3/95, 4/113, 4/122, 5/160, 6/177, 7/213, 8/253, 8/256, 9/288, 10/302

■ konference

Spolehlivost konstrukcí (– r –), 2/63
Vyztužené plasty 2005 (– r –), 4/113
Sídliště pro život (– r –), 5/128
GCG 2005 (– r –), 6/182
Betonařské dny 2005 (– r –), 7/213, 8/229, 9/269
Zachráněné kulturní dědictví (– r –), 10/295

■ literatura

Tichá, T. a kol.: Slovník pojmů užívaných v právu životního prostředí (– r –), 5/137
Skopec, J.: Bezbariérové řešení staveb (– r –), 5/140
Víchová, J.: Povolání architektů, stavebních inženýrů a techniků po vstupu do Evropské unie (– r –), 4/126
Jareš, J. – Lichtenbergová, A.: Právní úprava technických požadavků na stavební výrobky (– r –), 4/122
Technický slovník naučný
R – Š (– r –), 4/127
T – Ž (– r –), 7/221
Šponar, P. – Vícha, O.: Zákon o geologických pracích a jeho prováděcí předpisy s komentářem (– r –), 7/196
Sechterová, J. – Serafin, P. – Vandl, V.: Zadávání staveb podle zák. č. 40/2004 Sb., o veřejných zakázkách, ve znění pozdějších předpisů (– r –), 7/223
Jelínek, V.: Větrání budov a přívod vzduchu ke spotřebičům (– r –), 9/269
Broža, V. a kol.: Přehradý Čech, Moravy a Slezska (– r –), 10/302

■ materiály

Sanační systém pro obnovu narušených železobetonových staveb a konstrukcí (– r –), 3/93
Trápi vás grafitti? (– r –), 4/126

■ osobní zprávy

Vzpomínka na profesora Karla Rektoryse (*Černý, J.*), 1/7

■ polemika

Politicky proti údajnému zpolitizování povodní (*Štěpánský, M.*), 7/224
Vyjádření autora článku (SO 5/2005, *Broža, V.*), 7/224

■ recenze

Agócs, Z. – Ziolkó, J. – Vičan, J. – Brodniansky, J.: Assessment and Refurbishment of Steel Structures (*Studnička, J.*), 5/143
Juríček, J. a kol.: Konstrukce budov z monolitického betónu (*Musil, F.*), 9/273

■ soutěže

Nejlepší diplomová práce ve školním roce 2004/2005 (– r –), 2/62
Hala roku (– r –), 3/83
O nejlepší dům z cihlového systému Porotherm 2005 (– r –), 3/93
Holcimawards (– r –), 3/94
Energetický projekt (– r –), 9/3. s. obálky

■ symposia

Symposium Mosty a IBF 2005 společně oslaví 10. výročí (– r –), 2/63

■ technologie

Stavba komplexu Palladium (- r -), 8/256

■ veletrhy

I.H.M. – Řemesla pro každého (- r -), 2/64

Aquatherm 2004 (- r -), 3/92

AMI/AMITEC (- r -), 3/96

Batimat 2005 (- r -), 7/196, 8/248

For Arch 2005 (- r -), 7/217

Aquatherm 2005 (- r -), 8/238

CONECO 2006 (- r -), 9/286

Marmomacc 2005 (- r -), 9/288

Intermat 2006 (- r -), 10/307

■ výročí

prof. Ing. Antonín Schindler, DrSc. – 85 let (*Rotter, T.*), 5/137

ČSVTS (- r -), 6/191

■ výstava

Loď je jako dům (- r -), 3/94

Servis pro stavebnictví (- r -), 7/207, 8/3. s.obálky,

■ zprávy

Nové muzeum hudby (- r -), 1/15

Avenir Business Park (- r -), 1/20

Železniční mosty nad Seifertovou ulicí dokončeny (- r -), 1/25

Pavilon Indonéska džungle (- r -), 1/31

Workshop 2005 (- r -), 1/32

Mají-li zůstat zdraví, musí začít brzy (- r -), 2/44

Největší oblouk na světě (*Studnička, J.*), 2/61

Hliněné omítky – tradice, zdraví i ekologie (- r -), 2/64

Nejrozsáhlejší bytový projekt na území Brna (- r -), 3/95

Neobvyklé bydlení v neobvyklé lokalitě (- r -), 3/96

Víte, kde je The Forum? (- r -), 4/127

Zemina ze stavby Nového spojení cestuje vlakem (- r -), 5/153

Office Park Nové Butovice (- r -), 6/163

Rekonstrukce Hudebního divadla v Karlíně (- r -), 6/171

Výstavba Centra Chodov pokračuje (- r -), 6/177

Unikátní klášter v Kadani v nových barvách (- r -), 6/182

Systém řízení PRO MANAGEMENT (- r -), 6/192

Projekt úspěšně dokončen (- r -), 7/201

Spielberk Office Centre (- r -), 7/207

Centrála pro Nestlé (- r -), 7/217

Nová Brumlovka (- r -), 8/233

Rekonstrukce unikátní kubistické vily (- r -), 8/238

Slunečný vršek (- r -), 8/253

Budeme se na nádraží cítit lépe? (- r -), 8/254

Praha bude mít novou čtvrť (- r -), 8/255

Rekonstrukce kostela ve Fulneku (- r -), 8/256

Výzkumný ústav vodohospodářský získal nové prostory (- r -), 9/260

Jaký bude žižkovský Central Park? (- r -), 9/273

Do nového školního roku s novou dvoranou (- r -), 9/286

ČNI – Nová zkratka i logo (- r -), 9/287

EUROVEA – budoucí nové centrum Bratislavy (- r -), 9/288

Dálniční most překlenul údolí Rybného potoka (- r -), 10/311



Evropské fórum vědy a techniky

22. – 24. června 2006, Praha

Po Francouzovi Claude Cohenu-Tannoudjim, nositeli Nobelovy ceny, který byl účastníkem první mezinárodní konference v rámci „Evropského fóra vědy a techniky“ v Praze, potvrdil účast na druhém ročníku její další nositel Tim Hunt z Velké Británie. Tématem letošní konference bylo „Budování mostů mezi výzkumem a trhem“. Praha se tak v rámci projektu Česká hlava stala středem diskusí o vědě a technice na nejvyšší úrovni. Tento unikátní projekt sestává z odborné konference a doprovodného programu „Věda v ulicích“ s aktivitami pro širokou veřejnost.

V loňském roce bylo fórum součástí programu Researchers in Europe, který vyhlásila Komise Evropské unie. Na téma „Věda a technika – budoucnost Evropy“ přednášeli politici, vědci a průmyslníci z České republiky, zástupci Evropské unie a několika evropských zemí se zaměřením na úlohu vlád ve vědě a technice a vztahy mezi vědou, technikou a průmyslem. Účastníci se shodli na tom, že pokud Evropa neurychlí vědeckotechnický rozvoj, nebude mít odbytu pro své výrobky a hrozí jí vleklé problémy s nezaměstnaností. Každý rok převyšuje dovoz špičkových výrobků a technologií do Evropy o 25 mld. euro jejich vývoz. Japonci i Američané investují do výzkumu o třetinu více prostředků než Evropané, kterým nezbývá nic jiného, než patenty od nich kupovat. Na milion obyvatel připadá v USA 322 patentů, v Japonsku 265 a v Evropě jen 80. Každý druhý Evropan, který odjíždí za studiem do USA, se již do Evropy nevrátí. Podle odhadů EU v roce 2010 může v Evropě chybět až milión pracovníků ve výzkumu a vývoji.