

STAVEBNÍ OBZOR

ROČNÍK 12 ČÍSLO 1/2003

Navigace v dokumentu

OBSAH

Nad', L. Podrobná experimentálna analýza prefabrikovaného mosta	1
Pavlík, Z. – Jiříčková, M. – Černý, R. Ověření funkčnosti nového vnitřního tepelně izolačního systému na bázi kapilárně aktivní minerální vlny	6
Můčka, P. Dynamické účinky nákladných vozidiel na vozovku	10
Bartoněk, D. Systémy pro vyhodnocení protikorozi ochrany potrubí	16
Beran, V. Řídící procesy v navrhování technického díla, rozhodování, fraktály a „market bubbles“	20
Pletnická, J. Základní poznatky o řešení regenerace „brownfields“ v zahraničí	27
Štroner, M. – Pospíšil, J. Ověřování přesnosti statického měření aparatury jednoduché webové kamery	31

1 • 2003

ročník 12

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

Nad', L.
**Podrobná experimentální
analýza prefabrikovaného
mosta** 1

Pavlík, Z. – Jiříčková, M. – Černý, R.
**Ověření funkčnosti
nového vnitřního tepelně
izolačního systému na bázi
kapilárně aktivní minerální
vlny** 6

Můčka, P.
**Dynamické účinky
nákladních vozidel
na vozovku** 10

Bartoněk, D.
**Systémy pro vyhodnocení
protikorozní ochrany
potrubí** 16

Beran, V.
**Řídící procesy
v navrhování
technického díla,
rozhodování, fraktály
a „market bubbles“** 20

Pletnická, J.
**Základní poznatky
o řešení regenerace
„brownfields“
v zahraničí** 27

Štroner, M. – Pospíšil, J.
**Ověřování přesnosti
statického měření
aparatury jednoduché
webové kamery** 31

CONTENTS

Nad', L.
**Detailed Experimental
Analysis of a Precast
Concrete Bridge** 1

Pavlík, Z. – Jiříčková, M. – Černý, R.
**Verification of the Func-
tionality of a New Interior
Thermal Insulation System on
the Basis of Capillary Active
Mineral Wool** 6

Můčka, P.
**Dynamic Effects
of Heavy Vehicles
on the Road** 10

Bartoněk, D.
**Evaluation Systems
of Anticorrosive Protection
of Pipelines** 16

Beran, V.
**Management Processes in
the Design of Engineering
Structures, Decision Making,
Fractals, and Market
Bubbles** 20

Pletnická, J.
**Brownfields-
Regeneration
Experience
from Abroad** 27

Štroner, M. – Pospíšil, J.
**Testing of Accuracy of Static
Measurement
Equipment of a Simple
Web Camera** 31

INHALT

Nad', L.
**Detaillierte experimentelle
Analyse einer vorgefertigten
Brücke** 1

Pavlík, Z. – Jiříčková, M. – Černý, R.
**Überprüfung der
Funktionsfähigkeit eines
neuen Wärmedämmsystems
auf der Basis von kapillar-
aktiver Mineralwolle** 6

Můčka, P.
**Dynamische Wirkungen
von Lastkraftwagen
auf die Fahrbahn** 10

Bartoněk, D.
**Systeme zur Bewertung
des Korrosionsschutzes
von Rohrleitungen** 16

Beran, V.
**Leitungsprozesse beim Ent-
wurf eines technischen Werks,
Entscheidungsfindung,
Fraktale und „Market
bubbles“** 20

Pletnická, J.
**Grundlegende Erkenntnisse
über die Lösung der Rege-
nerierung von „Brownfields“
im Ausland** 27

Štroner, M. – Pospíšil, J.
**Überprüfung der Genauigkeit
der statischen Messung der
Apparatur einer einfachen
Web-Kamera** 31

REDAKČNÍ RADA**Předseda:**

prof. Ing. Jiří STUDNIČKA, DrSc.

Místopředseda:

doc. Ing. Alois MATERNA, CSc.

Tajemníci:

doc. Ing. Milan KAŠPAR, CSc.

doc. Ing. Jindřich ŠMEJČKÝ, CSc.

Členové:

Ing. Miroslav BAJER, CSc.

doc. Ing. Pavel HÁNEK, CSc.

Ing. Jiří HIRŠ

Ing. Ivan HRDINA

doc. Ing. Vladimír JELÍNEK, CSc.

Ing. Miroslav JEŽEK, CSc.

doc. Ing. Miroslav KAUN, 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.

prof. Ing. Adolf PATERA, DrSc.

doc. Ing. Miroslav PAVLÍK, CSc.

prof. Ing. J. PROCHÁZKA, CSc.

doc. Ing. Vlastimil STARA, CSc.

Ing. Karel SVOBODA

doc. Ing. Jiří VÁŠKA, 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 zaplace-
ného předplatného. Inzerce adresujte redakci. Tech-
nická 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
tisku 4. 12. 2002. Nevyžádané rukopisy se nevracejí.

INDEX 47 755, ISSN 1210-4027

Podrobná experimentálna analýza prefabrikovaného mosta

*doc. Ing. Ludovít NAĎ, CSc.
TU – Stavebná fakulta
Košice*

Cestný most z prefabrikovaných nosníkov typu Vloššák bol z dôvodu zmeny dopravného riešenia po tridsaťpäťročnej prevádzke určený na zbúranie. Zostrenou zaťažovacou skúškou mosta a skúškou z neho vybraných jednotlivých nosníkov boli overené jeho zostatkové úžitkové vlastnosti. Získané výsledky preukázali značnú rezervu nosnej kapacity tohto priečne predpätého mosta v porovnaní s výsledkami zaužívaných postupov hodnotenia mostov.

Úvod

Obdobie „prefabrikácie“ v mostnom staviteľstve, ktoré zasiahlo celý svet, sa v Československu najväčšou mierou prejavilo v päťdesiatych až sedemdesiatych rokoch. Viacero typov železobetónových, ale najmä predpätých mostných prefabrikátov, bolo vyvinutých a zabudovaných do niekoľkých tisícok mostov. Vzniklo veľa pekných a staticky efektívnych diel. Väčšina z nich slúži desiatky rokov. Predpokladaná životnosť 80 až 100 rokov však zrejme tieto mosty nedosiahnu. Dôvodom je rýchlejšia degradácia, a tým znížená trvanlivosť. Väčšina problémov má pôvodnú príčinu v korózii oceľovej výstuže, a to najmä predpätej. Nedostatočné krytie betonárskej výstuže a nedôsledné zainjektovanie kábelových kanálikov s predpínacími jednotkami eliminuje predpokladané alkalické prostredie okolia výstuže, v ktorom korózia nevzniká. Dôsledkom býva odpadávanie krycej vrstvy betónu, prípadne neskôr aj vznik a zväčšovanie ohybových trhlín, následné zväčšovanie deformácií, a napokon zníženie zaťažiteľnosti mosta. Často potom treba nosnú konštrukciu mosta rekonštruovať, alebo dokonca zbúrať.

Prvotnou príčinou zbúrania mosta cez Hornád v Košiciach však bola zmena dopravného riešenia a presmerovanie dopravy na nový most. Starý most tak ešte pred svojím zánikom mohol vydať posledné svedectvo. Jeho úžitkové vlastnosti boli overené mimoriadnou zaťažovacou skúškou. Navyac, vybrané prefabrikované nosníky boli podrobené „totálnej“ zaťažovacej skúške.

Popis mosta

Trojpoľový most, postavený v rokoch 1966 až 1967, premostoval rieku Hornád. Nosná konštrukcia bola zostavená z dodatočne predpínaných prefabrikovaných nosníkov typu Vloššák. Mostné polia pôsobili staticky samostatne ako opakované prosté polia. Most bol šikmý a s osou prekážky (korytom rieky) zvieral uhol 49° (obr. 1). Nosníky boli

v konštrukcii priečne predpäté. Priečny rez nosníka je tvaru Π a poukazuje na jeho vysokú statickú efektívnosť, spočívajúcu v nízkej vlastnej tiaži a vo vhodnom rozložení hmoty (primerane vysoká ohybová tuhosť). Je však zreteľný jeho nedostatok z hľadiska trvanlivosti, spočívajúci v malej krycej vrstve betónu. Teoretické krytie kábelových kanálikov je len 29 mm a strmene majú teoretické krytie menšie ako 20 mm, v skutočnosti však bolo zistené krytie len 10 mm.

Na výstavbu boli použité atypické prefabrikované nosníky dĺžky 21,40 m, ktoré boli po uložení do nosnej konštrukcie priečne predpínané v miestach priečných rebier navzájom vzdialených 1 m. Existenciu priečného predpätia bolo možné zistiť až deštruktívnym obnažením kotiev. Všetky kotvy boli funkčné a ani počas búrania neboli zistené poruchy priečného predpätia.

Z dôvodu zmeny dopravného riešenia bola doprava po dobudovaní novej trasy presmerovaná na nový most. Starý most bol určený na zbúranie. Pred zbúraním sa však vykonala podrobná diagnostika a mimoriadna zaťažovacia skúška. Išlo o zostrenú statickú a dynamickú zaťažovaciu skúšku. Z mosta boli opatrne vybrané samostatné nosníky a na piatich z nich bola vykonaná statická skúška až do vyčerpania medznej únosnosti.

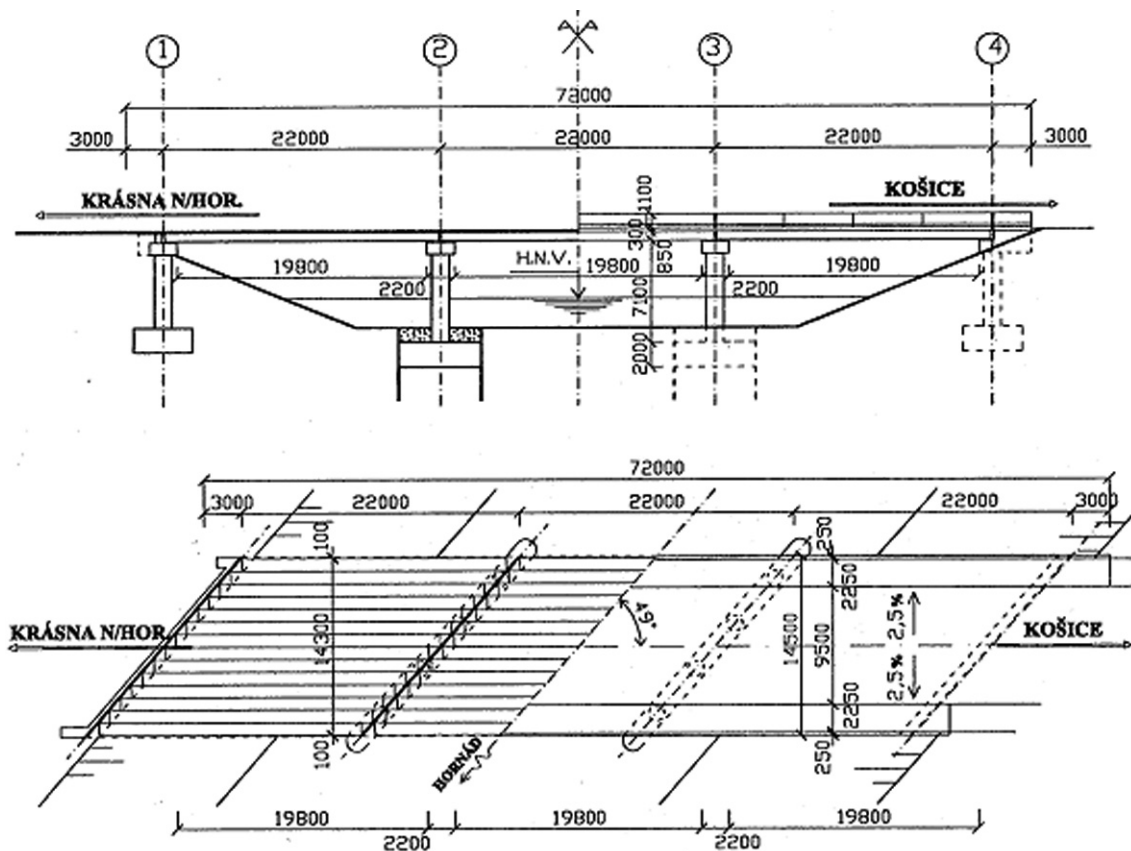
Zaťažovacia skúška

Túto mimoriadnu skúšku vykonala Katedra betónových konštrukcií a mostov Stavebnej fakulty Technickej univerzity v Košiciach v jeseň roku 2000 [1]. Zaťažovalo sa jedno krajné mostné pole. Zaťaženie bolo vyvolené nákladnými autami, ktorých priemerná hmotnosť dosahovala 30 t. Šesť vozidiel bolo na moste usporiadaných do troch charakteristických zaťažovacích stavov (jedna, dve a tri dvojice vozidiel) podľa schémy na obr. 2. Fotografia na obr. 3 dokumentuje tri dvojice vozidiel na moste. Zvláštne zaťaženie bolo vyvolené podvalníkom o hmotnosti 80 t (s ťažkým zemným strojom), ktorý spolu s ťahačom bol umiestnený v extrémnej polohe pri obrubníku. Najväčšie zaťaženie v zostave „podvalník + 2 dvojice vozidiel“ predstavovalo viac ako 210 t (vypočítaná neredukovaná výnimočná zaťažiteľnosť bola 174 t).

Priehyby nosnej konštrukcie počas skúšky boli merané pomocou elektrických indukčných snímačov (kontrolné meranie zároveň prebiehalo mechanickými indikátormi ako aj geodeticky) a vizuálne bol sledovaný prípadný vznik trhlín.

Skúška prefabrikovaných nosníkov

Vybrané nosníky boli skúšané v dvojiciach v polohe nalezato [2]. Ich konce boli zopnuté tuhým oceľovým



Obr. 1. Usporiadanie mosta – pozdĺžny rez a pôdorys

rámom a v blízkosti stredu rozpätia boli navzájom rozopierané dvojicou hydraulických lisov (obr. 4). Zaťaženie sa postupne zvyšovalo až do vyčerpania medznej únosnosti jedného z dvojice skúšaných nosníkov. Počas skúšky boli elektrickými indukčnými snímačmi merané deformácie nosníkov a vizuálne (opticky) sledovaný vznik a rozvoj trhlin.

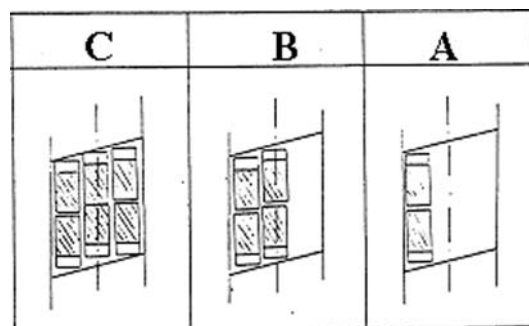
Výsledky skúšky

Výsledky z elektrických indukčných snímačov boli vyhodnotené a v tvare „ohybovej čiary“ v priečnom smere sú vynesené v grafoch na obr. 5 (pre zaťažovacie stavy od dvojíc vozidiel) a obr. 6 (pre zaťažovacie stavy od ťažkého trajlera a dvoch dvojíc vozidiel).

Komentár

Nosná konštrukcia sa počas zaťažovacej skúšky javila ako značne tuhá v priečnom smere, čo možno vidieť aj na obr. 5 a obr. 6. Je zjavné, že tento stav je spôsobený najmä dobrým stavom priečného predpätia. Pozdĺžne predpínacie jednotky (káble z predpínacích drôtov $\varnothing 4,5$ mm) boli na mnohých nosníkoch značne skorodované a takéto nosníky mali na veľkých plochách spodnej hrany odpadnutú kryciu vrstvu betónu, čo spôsobilo zníženie ohybovú tuhosť. Vďaka priečnému predpätiu však mal most relatívne vysokú tuhosť v priečnom smere a dobrý priečny roznos zaťaženia. Maximálna hodnota zvislého priehybu, zistená počas zaťažovacej skúšky mosta, bola 5 mm.

Výsledky podrobnej analýzy deformácií nosnej konštrukcie experimentálne získané počas zaťažovacej skúšky boli konfrontované s teoreticky vypočítanými hodnotami. V porovnaní týchto údajov sa ako závažný faktor javí voľba

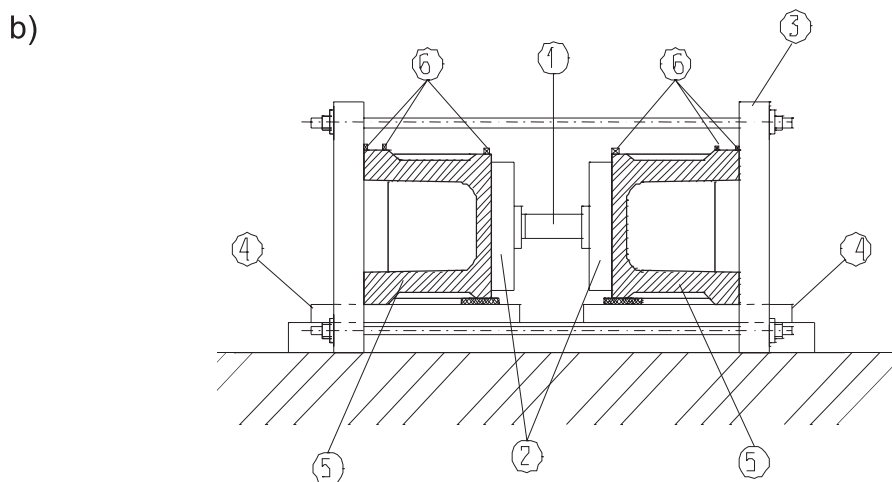
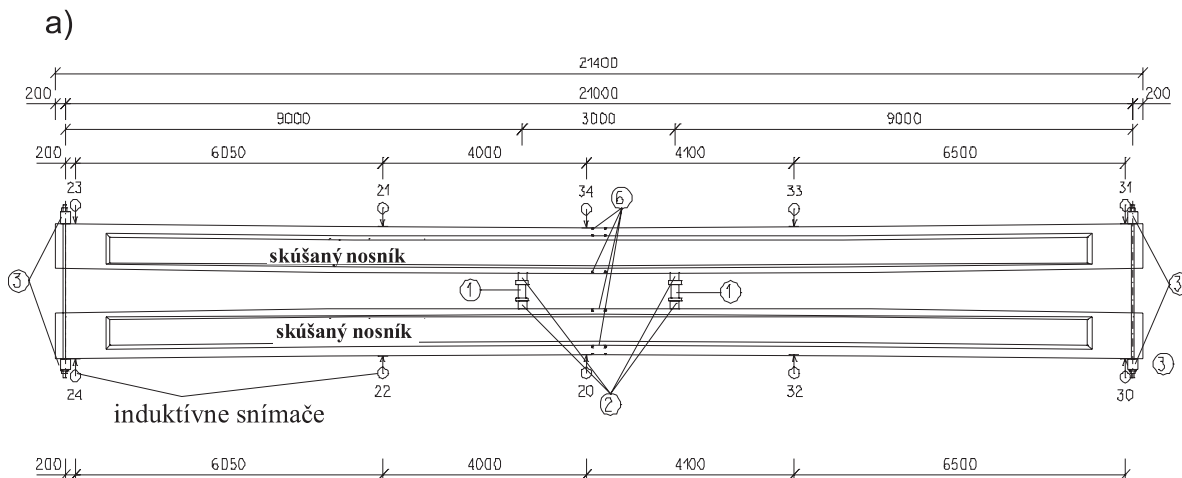


Obr. 2. Schéma usporiadania zaťažovacích vozidiel



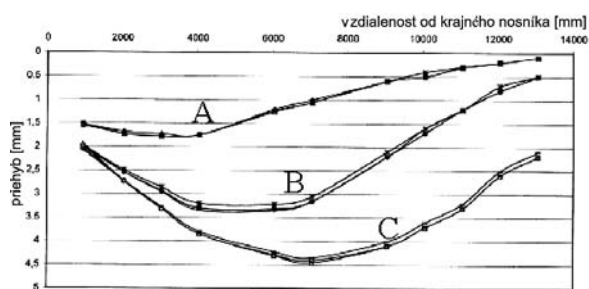
Obr. 3. Tri dvojice ťažkých nákladných vozidiel na moste – zaťažovací stav C

výstižného výpočtového modelu [3]. Model, v ktorom sa uvažovalo tuhé spojenie nosníkov v priečnom smere, dobre vyhovoval zaťažovacím stavom na nízkych hladinách



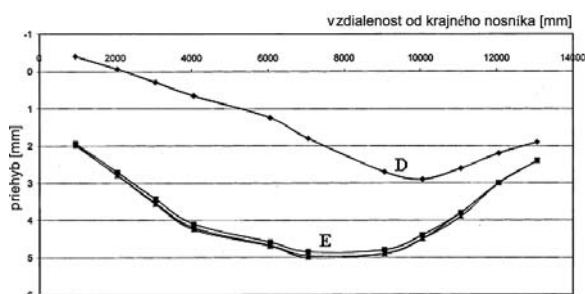
Obr. 4. Usporiadanie zaťažovacej skúšky dvojice nosníkov

a – pôdorys, b – priečný rez, 1 – hydraulické lisy, 2 – tuhé oceleové roznašacie prvky, 3 – oceleové rámy na konci nosníkov, 4 – drevený podklad nosníkov, 5 – skúšané nosníky, 6 – terčiky na povrchu nosníkov – sledovanie pretvorenia betónu



Obr. 5. Nameraný priehyb nosnej konštrukcie mosta v priečnom smere

A – jedna dvojica, B – dve dvojice, C – tri dvojice vozidiel



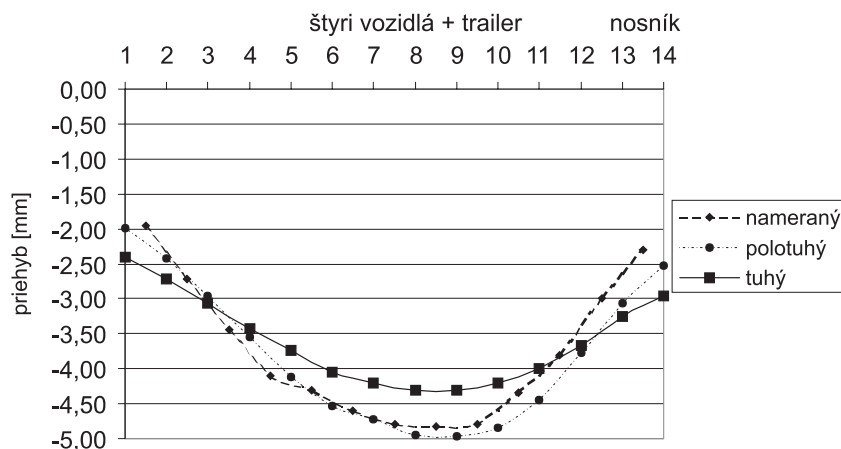
Obr. 6. Nameraný priehyb nosnej konštrukcie mosta v priečnom smere pri pôsobení ťažkého zaťaženia

D – trailer, E – trailer spolu s dvoma dvojicami vozidiel

namáhania (jedna dvojica vozidiel), kým ešte nie je vyčerpaná tlaková rezerva z priečneho predpätia. Po vyčerpaní tejto rezervy sa predĺženie predpínacej výstuže priečných káblov môže zosúladiť s roztvorením škáry v priečnom spoji. Takýto spoj potom môžeme považovať za „polotuhé“ priečne spojenie nosníkov [4]. Výsledky získané z výpočtového modelu s polotuhým priečnym spojením nosníkov najlepšie vystihovali výsledky zaťažovacej skúšky (obr. 7). Vo vyhodnotení boli zohľadnené aj postupy a odporúčania podľa [5]. V porovnaní hodnôt sa našla prijateľná zhoda výsledkov.

Výsledky skúšky jednotlivých nosníkov sú dokumentované pracovnými diagramami „pomerný moment – priehyb“ (pomer momentu od prave pôsobiaceho zaťaženia k momentu dimenzačnému zodpovedajúcemu hlavnému zaťaženiu) na obr. 8 pre všetkých päť skúšaných nosníkov. Na obrázku vidieť, že len jeden nosník (s dvoma prekodorovanými predpínacími káblami) mal medznú únosnosť len málo prevyšujúcu hodnotu dimenzačného momentu.

Zaujímavé je však porovnanie priehybu – na moste nameňovaného (5 mm) s hodnotami zistenými počas zaťažovacej skúšky nosníkov. Tomuto priehybu na pracovnom diagrame



Obr. 7. Porovnanie vypočítaných a experimentálne zistených hodnôt priehybu nosnej konštrukcie v priečnom smere pre zaťažovací stav E

zodpovedajúci ohybový moment je hlboko pod hladinou „prevádzkového zaťaženia“. Znamená to, že nosníky v konštrukcii mosta nie sú využité a majú značnú rezervu. Počas zaťažovacej skúšky na nosnej konštrukcii nevznikli žiadne trhliny. Prvé trhliny boli pozorované (obr. 9). na hladine namáhania $\sim M/M_d = 0,8$ a na úrovni „prevádzkového“ zaťaženia nepresiahla šírka trhlín hodnotu 0,2 mm (okrem nosníka s prekodorovanými predpínacími káblami).

Záver

Hlavný cieľ zostrenej zaťažovacej skúšky bol splnený. Získal sa hodnotný podklad na hodnotenie zostatkovej únosnosti starého mosta, zhotoveného z typových prefabrikátov. Prefabrikované mostné nosníky boli počas niekoľkých rokov intenzívne používané nielen na Slovensku, ale aj v Čechách. Na cestnej sieti SR sa ich nachádza niekoľko sto. Preukázal sa veľký význam priečného predpätia na celkových deformačných vlastnostiach mosta. Jeho vplyv na zaťažiteľnosť a únosnosť spočíva najmä vo vysokej miere priečného roznosu zaťaženia a v „redistribúcii“ podielu jednotlivých nosníkov na prenose zaťaženia po vyradení niektorého nosníka z únosnosti (napr. prekodorovaním pozdĺžnej predpínacej výstuže). Skúšky vybraných nosníkov preukázali značnú rezervu a schopnosť prevziať po redistribúcii ďalšie, popr. zvýšené účinky namáhania. Rôzna miera ich porúch vplyvom korózie predpínacej výstuže sa prejavila na hodnote experimentálne zistenej únosnosti.

Z odskúšaných štyroch nosníkov to bolo od 150 do 200 % teoretickej medze únosnosti a v jednom prípade to bolo len asi 108 %.

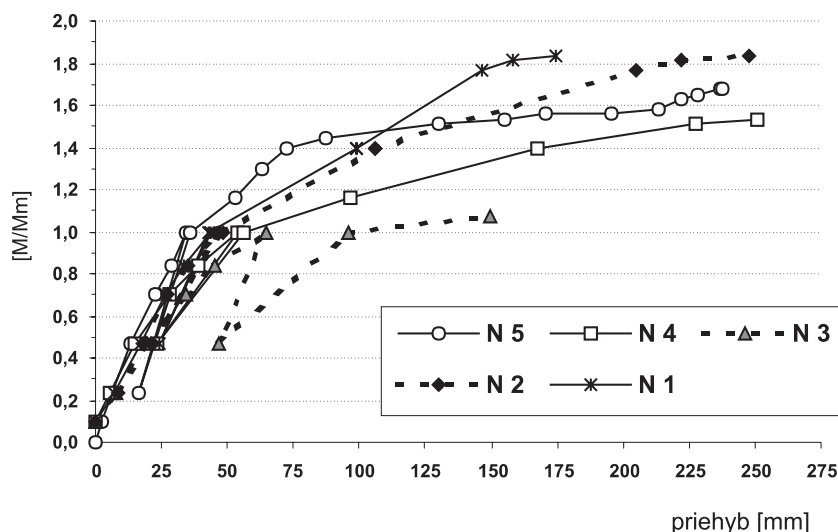
Z výsledkov teoretickej a experimentálnej analýzy vyplýva:

- most na základe hodnotenia stavebno-technického stavu (stav V) musí mať zaťažiteľnosť zníženú koeficientom 0,6;
- podľa presnejšieho pravdepodobnostného výpočtu so zohľadnením aktuálnej miery poškodenia nosníkov zaťažiteľnosť mosta má byť znížená koeficientom 0,75;
- možnosť uvažovať o znížení zaťažiteľnosti koeficientom 0,90–0,95.

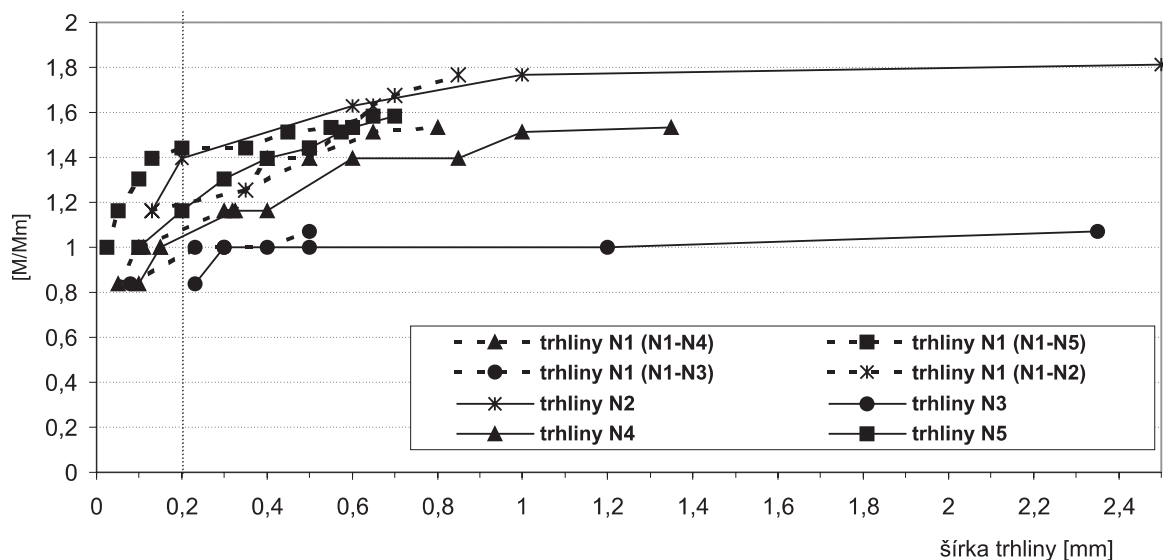
Aj napriek zjavnému zlému stavu niektorých nosníkov bola zistená ich dostatočná únosnosť. Nosná a deformačná kapacita mosta s priečnym predpätím nosníkov, v porovnaní s hodnotením na základe stavebno-technického stavu, má značné rezervy. V mnohých prípadoch teda zrejme nebude nutné znižovať zaťažiteľnosť, alebo dokonca likvidovať most, aj keď to z výsledkov zaužívaných postupov vyplynie.

Literatúra

- [1] Naď, E. a kol.: Zostrená statická a dynamická zaťažovacia skúška mosta ev. č. 50-322 cez Hornád v Košiciach – časť A. [Správa], SvF TU Košice, 2001.
- [2] Naď, E. a kol.: Zaťažovacie skúšky jednotlivých prefabrikovaných nosníkov Vloššák, vybraných z mosta ev. č. 50-322 – časť B. [Správa], SvF TU Košice, 2001.



Obr. 8. Pracovný diagram „pomerný moment – prieťah“ skúšaných nosníkov N1, N2, N3, N4, N5



Obr. 9. Vznik a rozvoj trhlin na nosníkách v závislosti od poměrného momentu na nosníkách N1 (bol skúšaný v dvojici s nosníkmi N2, N3, N4, N5), N2, N3, N4, N5

- [3] Nad', E. a kol.: Hodnotenie statických dôsledkov porúch mostov z prefabrikovaných nosníkov Vloššák. [Metodický pokyn], Technický predpis Slovenskej správy ciest Bratislava 2001 (návrh).
- [4] Nad', E. – Vrašák, M.: Konfrontácia voľby výpočtového modelu so skutočným pôsobením mosta. Beton TKS, 2002, č. 3, s. 47–49.
- [5] Vítek, J. L. – Křístek, V.: Deformations of Prestressed Concrete Structures – Measurement and Analysis. „Structural Concrete – the Bridge between People“. [Proceedings], 1st fib Symposium 1999, Prague, Vol. 2, pp. 463–468.

Nad', E.: Detailed Experimental Analysis of a Precast Concrete Bridge

A road bridge built of precast concrete beams, type Vloššák, had to be demolished after 35 years of service because of new traffic routes. The remaining static and deformation characteristics were verified by a „stringent“ static load test of the bridge as well as a „total“ – destructive load test of precast beams, excavated from this bridge before its demolition. The results have proved serious reserves in the load-bearing capacity of the bridge compared to conventional bridge assessment outcomes.

Nad', E.: Detaillierte experimentelle Analyse einer vorgefertigten Brücke

Eine Straßenbrücke aus Fertigteilträgern vom Typ Vloššák war wegen des veränderten Verkehrsregimes nach 35 Jahren Betrieb zum Abbruch bestimmt. Durch eine verschärfte Belastungsüberprüfung der Brücke und nach der Prüfung einzelner aus der Brücke entnommener Tragelemente wurden ihre verbliebenen statischen und Verformungseigenschaften überprüft. Die erreichten Ergebnisse wiesen im Vergleich zu den Ergebnissen konventioneller Brückenbewertungsverfahren eine ziemlich große Reserve der Tragkapazität dieser quer vorgespannten Brücke auf.

Generální ředitel Skanska CZ, a. s., spolu s děkanem Fakulty stavební ČVUT v Praze

VYHLAŠUJÍ SOUTĚŽ

o nejlepší diplomovou práci ve školním roce
2002/2003

Témata:

- *stavebně technické*
- *ekonomické a ostatní*

Soutěže se mohou zúčastnit studenti posledního ročníku Fakulty stavební ČVUT v Praze, kteří nejpozději do 28. února 2003 e-mailem, faxem nebo poštou zašlou přihlášku do soutěže v jednom ze soutěžních témat. Přihlášky budou k dispozici na webových stránkách fakulty a v sekretariátu děkana.

Do soutěže a závěrečného vyhodnocení porotou, složenou ze zástupců Fakulty stavební ČVUT v Praze a zástupců Skanska CZ, a. s., budou přijaty práce odevzdané do 20. 6. 2003 v sekretariátu děkana.

Forma zpracování soutěžních prací je v souladu s kritérii stanovenými vedením fakulty pro diplomové práce.

V obou kategoriích budou předány ceny:

1. místo 20 000 Kč
2. místo 15 000 Kč
3. místo 10 000 Kč

Účastníci soutěže obdrží drobné dárky od Skanska CZ.

Informace:

New Deal Communications (Martin Hamšík), popř. Skanska CZ, a. s. (Mgr. Vlasta Kebrdlová, tel.: 267 095 369, e-mail: vlasta.kebrdlova@skanska.cz) www.skanska.cz

Ověření funkčnosti vnitřního tepelně izolačního systému na bázi kapilárně aktivní minerální vlny

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

V článku je popsáno ověření funkčnosti vnitřního tepelně izolačního systému na bázi kapilárně aktivní minerální vlny a retardéru vodní páry s vhodně navrženým difúzním odporem v podmínkách blízkých realitě. Zkoušky jsou provedeny pomocí systému semi-scale klimatických komor NONSTAT pro cihelnou a kamennou zeď.

Úvod

Současná doba klade stále vyšší požadavky na tepelnou pohodu vnitřního prostředí budov, což je často spojeno s růstem nákladů na vytápění. S největšími problémy se setkáváme při adaptacích a rekonstrukcích objektů, při nichž jsou projektanti omezováni mnoha faktory. Zejména u historicky cenných staveb často odpadá možnost vnějšího zásahu do konstrukce z důvodu zachování architektonického vzhledu budovy. Chceme-li proto zajistit pohodu uživatelů, je nezbytné zateplit konstrukci z interiéru.

V současné stavební praxi se běžně využívá vnitřní kontaktní tepelně izolační systém ve skladbě: vápenná omítka, parotěsná zábrana, tepelná izolace a nosná konstrukce, což však přináší řadu problémů. Největším rizikem je nebezpečí porušení parotěsné zábrany, čímž je umožněna kondenzace vody v tepelné izolaci a dochází ke ztrátě její funkčnosti. I v případě, že zábrana není mechanicky poškozená, může dojít k nežádoucímu vzestupu relativní vlhkosti v interiéru a ke zhoršení vnitřního mikroklimatu během zimních měsíců, kdy je značně omezeno větrání a vlhkost z interiéru není odváděna nosnou konstrukcí do exteriéru.

Mechanickému poškození vnější parotěsné zábrany se můžeme vyhnout umístěním retardéru vodní páry mezi tepelně izolační materiál a nosnou konstrukci. Potom je ovšem nutné použít takový tepelně izolační materiál, který nebude poškozen dlouhodobým působením vody. Avšak její přítomnost ovlivní nepříznivě jeho tepelné vlastnosti vždy, což je nepříjemné především v zimním období, kdy v klimatických podmínkách severní a střední Evropy může v obvodovém plášti kondenzovat. Proto byl navržen systém ve skladbě: vápenná omítka, kapilárně aktivní minerální vlna, retardér s vhodně navrženým difúzním odporem na principu cementového tmelu a nosná konstrukce [1], kde je tento problém výrazně omezen, protože i v případě kondenzace vody v tepelné izolaci dojde k její rychlé redistribuci vlivem vysoké vlhkostní vodivosti materiálu.

Vývoj tepelně izolačního systému probíhal ve dvou etapách. Nejprve byly experimentálně stanoveny základní tepelně vlhkostní parametry, tj. součinitel tepelné a teplotní vodivosti, měrná tepelná kapacita, součinitel difúze vodní páry (faktor difúzního odporu) a součinitel vlhkostní vodivosti, běžných izolačních materiálů firem Rockwool a Calsitherm [2], nátěrů fy Karlomix a základních materiálů nosné konstrukce [3]. Dále byly vyvíjeny, vyrobeny a modifi-

fikovány materiály, které by splňovaly požadavky na tepelně vlhkostní vlastnosti, a následně ověřeny počítačovou analýzou přenosu tepla a vlhkosti. Tato analýza byla provedena počítačovým programem DELPHIN 4.1 [4]. Podle získaných výsledků materiály na bázi kapilárně aktivní minerální vlny základním požadavkům vyhověly [5]. Jako při každé počítačové simulaci je ovšem třeba vzít v úvahu určité nepřesnosti, např. nedostatečnou přesnost vstupních parametrů (některé parametry se neměří v celém rozsahu teploty a vlhkosti), neurčenost některých specifických parametrů (přechodových odporů pro přenos vlhkosti a tepla na rozhraní jednotlivých vrstev) apod. Je tedy účelné i ověření experimentální, a to nejlépe v podmínkách blízkých skutečné stavební konstrukci.

K ověření funkčnosti navrženého tepelně izolačního systému byly provedeny zkoušky v podmínkách semi-scale. V systému klimatických komor se simulovaly podmínky vnitřního i vnějšího prostředí. Měřicí systémy tohoto typu se poměrně často využívají ve výzkumné praxi, protože proti podmínkám na stavbě, ve speciálních testovacích budovách či soukromých objektech, umožňují simulovat právě kritické podmínky pro kondenzaci vody v izolaci. Přinášejí značné finanční úspory a v neposlední řadě zkracují experiment. V prvním stadiu vývoje jsme se nezabývali finální úpravou povrchů ani návrhem vnitřních omítek, předmětem zájmu byla pouze nosná konstrukce, tepelná izolace a retardér vodní páry.

Materiál

Ze šestnácti typů izolačního materiálu na bázi minerální vlny, které byly buď bez přísad, hydrofobizovány či s přísadkou hydrofilních chemikálií [2], byly pro aplikaci vybrány kapilárně aktivní, tedy s přísadkou hydrofilních chemikálií, izolační materiály označené MU a DU. Ze šesti typů acetátových nátěrů dvousložkové směsi (suchá a tekutá složka, úprava konzistence vodou) základního složení: písek, cement, polypropylénová vlákna, disperze a další přísady byl vybrán typ B2 [3]. Parametry materiálů [2], [3] včetně materiálů nosné konstrukce jsou uvedeny v tab. 1, kde ρ je objemová hmotnost, λ tepelná vodivost, c měrná tepelná kapacita, a teplotní vodivost, D součinitel difúze pro vodní páry, μ faktor difúzního odporu a κ součinitel vlhkostní vodivosti měřeného materiálu.

Ověření funkčnosti systému

K ověření funkčnosti navrženého izolačního systému jsme použili měřicí systém NONSTAT [6] sestávající ze dvou klimatických komor [7], spojovacího tunelu pro umístění vzorku, zařízení pro měření teploty a relativní vlhkosti a zařízení pro měření objemové vlhkosti, salinity a kapilárního tlaku. Konstrukce jednotlivých komor je obdobná jako u zařízení pro kontrolu teploty a relativní vlhkosti, ale spojení mezi komorami a tunelem a uspořádání dalších

otvorů v bočních stěnách komor pro paralelní měření je unikátní. Ke zjišťování teploty, obsahu vlhkosti, salinity a kapilárního tlaku jsme použili polní verzi polské fy Easy Test, která je vhodnější pro práci ve zvoleném měřítku. Senzory pro měření salinity a obsahu vody pracují na principu TDR (Time-Domain Reflectometry). Teplota se měří odporovými teploměry a kapilární tlak minitenzometry [8]. Relativní vlhkost, teplotu, tepelný tok a rychlost proudění vzduchu jsme zjišťovali přístroji německé fy Ahlborn [9]. Celý systém včetně zadávání hodinových klimatických dat do klimatické komory, ve které je simulován exteriér, řídí počítač.

Popis konstrukce

V prvním případě byl systém aplikován na stěnu z plných pálených cihel tl. 450 mm (tepelná izolace MU fy Rockwool, tl. 80 mm, retardér na bázi cementového tmelu tl. 10 až 15 mm podle nerovností povrchu stěny). Ve druhém šlo o kamennou zeď z opuky tl. 450 mm. Tepelnou izolaci byly minerální desky DU fy Rockwool, které jsou finálním produktem ve vývoji kapilárně aktivní tepelné izolace podle našich požadavků. Tyto desky jsou z důvodu mechanické ochrany a dostatečné pevnosti navrženého systému dvojí tvrdosti – tvrdší vrstva, plnicí funkci spíše mechanickou, má tl. 30 mm, měkká vrstva tl. 70 mm, s funkcí klasické tepelné izolace, má vlákna uspořádaná ve směru vedení tepla a vlhkosti a obsahuje (stejně jako tvrdá vrstva) hydrofilní přísady, je tedy kapilárně aktivní. K upevnění byl stejně jako u izolace cihelné stěny použit cementový tmel typu B2 fy Karlomix.

Měření zateplené cihelné stěny

Před začátkem experimentu bylo nejprve nutné gravimetrickou metodou [10] kalibrovat sondy fy Easy Test. Senzory pro měření relativní vlhkosti, teploty a obsahu vlhkosti byly osazeny do předvrtaných děr a utěsněny proti pronikání páry silikonovým tmelem. Sondy pro měření tepelného toku byly k vnitřní i vnější straně konstrukce uchyceny speciálním tmelem bez možnosti vzniku vzduchové mezery. V obou klimatických komorách byly umístěny anemometry pro kontrolu proudění vzduchu. Po osazení senzorů byla konstrukce umístěna do spojovacího tunelu mezi klimatické komory a utěsněna jak tepelně, tak parotěsně, aby bylo zachováno jednorozměrné uspořádání experimentu. Pro možnost sledování zatížení klimatickými podmínkami byla konstrukce nejprve z exteriéru vystavena působení konstantních podmínek, tj. relativní vlhkosti 90 % a teploty 2 °C, a z interiéru relativní vlhkosti 50 % a teploty 21 °C. Po 65 dnech byl systém komor rozpojen a cihelná stěna izolována navrženým systémem. Izolovaná konstrukce byla vystavena

působení klimatických podmínek od 1. ledna do 3. března (použita teplotní a vlhkostní data pro referenční rok) a z interiéru byly opět nastaveny konstantní podmínky, tj. teplota 21 °C a relativní vlhkost 50 %. Pro sběr dat byly použity dvě měřicí ústředny – jedna pro sondy fy Ahlborn a druhá pro senzory fy Easy Test, obě napojené na počítač [6].

Měření zateplené kamenné stěny

K měření zateplené kamenné stěny jsme použili stejný postup jako u cihelné stěny. Pouze zatížení klimatickými podmínkami a trvání experimentu bylo rozdílné. Nejprve byla nezateplená kamenná stěna vystavena z exteriéru skutečným klimatickým podmínkám pro data od 1. ledna a z interiéru byly simulovány konstantní podmínky vnitřního prostředí, tj. relativní vlhkost 50 % a teplota 21 °C. Po 38 dnech měření byl systém rozpojen a aplikován navržený tepelně izolační systém. Izolovaná konstrukce byla vystavena působení klimatických dat po dobu 55 dnů.

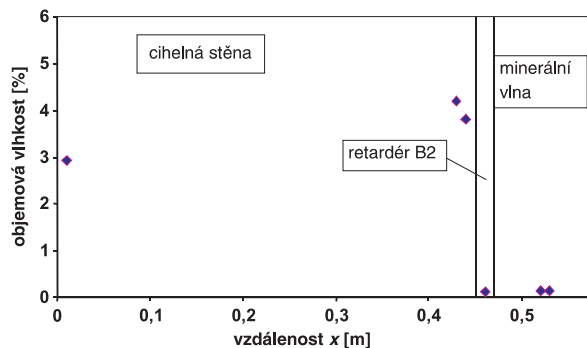
Výsledky a diskuze

Na obrázcích 1 až 8 je typický průběh veličin měřených v konstrukcích pro klimatická data odpovídající 24. únoru. Pro ilustraci jsou uvedeny teplotní profily konstrukcí před zateplením. Na základě zjištěných průběhů sledovaných veličin v čase lze konstatovat, že relativní vlhkost v cihelné stěně s časem klesala tak, že se po 62 dnech namáhání skutečnými klimatickými podmínkami přibližně ustálila na 75 % a nedošlo k výskytu nadměrné hygroskopické vlhkosti. Relativní vlhkost v tepelné izolaci byla výrazně nižší, což dokázal přínos kapilárně aktivní tepelné izolace pro návrh kontaktního tepelně izolačního systému z hlediska zamezení vzniku kondenzace přímo v izolačním systému. Lze tedy říci, že navržený tepelně izolační systém splnil očekávání a lze ho na základě zjištěných výsledků pro dodatečné zateplování stávajících cihelných budov doporučit.

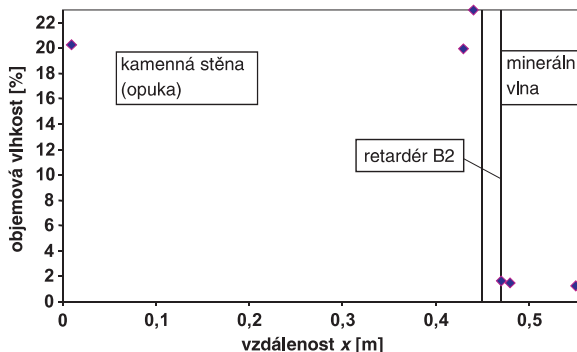
Relativní vlhkost v kamenné stěně nabývala v podstatě v celé tloušťce měřené konstrukce hodnoty 100 %, čímž došlo k nadměrné hygroskopické vlhkosti. Pouze sondy umístěné z interiéru vykazovaly hodnoty nižší, řádově 90 %. Pravděpodobným důvodem kondenzace páry bylo zatížení nepříznivými klimatickými podmínkami (od 1. ledna) ještě ve stadiu vysychání kamenného zdiva. Po následném zateplení nebyla sice nadměrná hygroskopická vlhkost v oblasti tepelné izolace zjištěna, ale i tak byla v rozmezí 90 až 50 %. Navržený systém tedy v tomto případě selhal. Důvodů je zřejmě několik – aplikace tepelně izolačního systému na nevyzrálou konstrukci v zimním období, nedostatečný faktor difúzního odporu retardéru, popř. jeho netěsnost při aplikaci. K těmto faktorům bude třeba přihlídnout při dalších návrzích a aplikacích.

Tab. 1. Základní tepelné a vlhkostní parametry materiálů vnitřního tepelně izolačního systému a nosné konstrukce

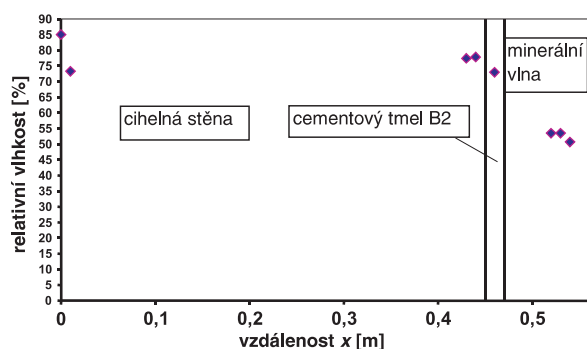
Materiál	ρ [kg/m ³]	λ [W/mK]	c [J/m ³ K]	a [m ² /s]	D [m ² /s]	μ [-]	κ [m ² /s]
DU h	178	0,2180	0,143E+6	0,152E-6	1,0E-6	1,9	1,51E-05
	s	96	0,0387	0,097E+6	0,397E-6	1,1E-6	1,9
MU	100	0,0450	0,059E+6	0,757E-6	2,8E-6	1,7	1,17E-06
B2	2 377	0,2780	0,130E+6	0,213E-6	2,7E-6	8,5	5,76E-10
cihla	1 776	0,2260	0,146E+6	0,154E-6	2,8E-6	8,1	1,52E-07
opuka	2 452	0,3170	0,625E+6	0,508E-6	–	–	9,98E-09



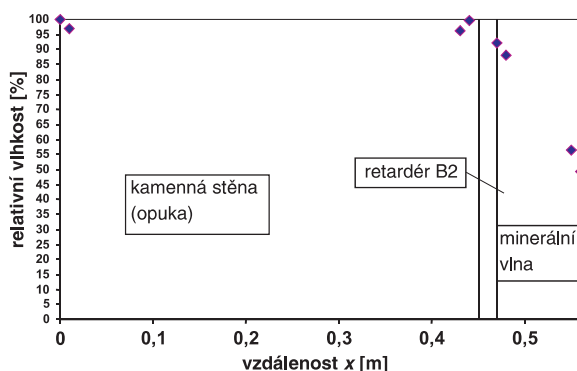
Obr. 1. Typický průběh obsahu vlhkosti v zateplené cihelné stěně



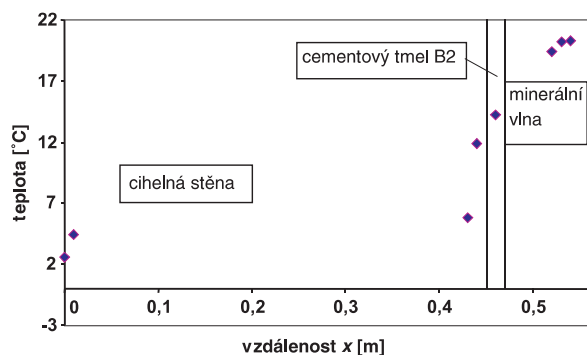
Obr. 5. Typický průběh obsahu vlhkosti v zateplené kamenné stěně



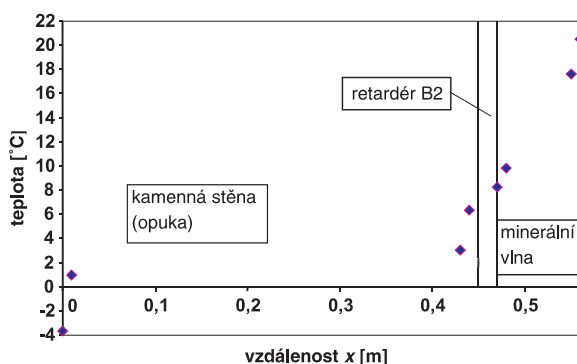
Obr. 2. Typický průběh relativní vlhkosti v zateplené cihelné stěně



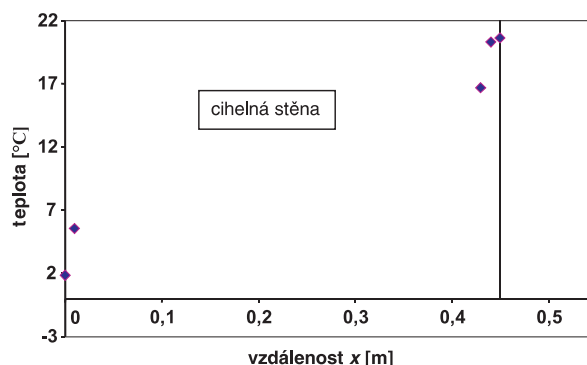
Obr. 6. Typický průběh relativní vlhkosti v zateplené kamenné stěně



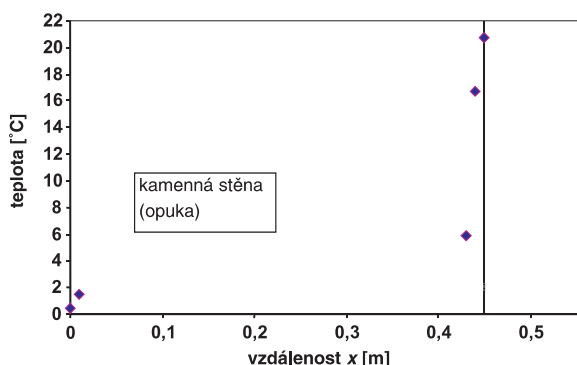
Obr. 3. Typický průběh teploty v zateplené cihelné stěně



Obr. 7. Typický průběh teploty v zateplené kamenné stěně



Obr. 4. Typický průběh teploty v nezateplené cihelné stěně



Obr. 8. Typický průběh teploty v nezateplené kamenné stěně

Závěr

Ověření funkčnosti vnitřního tepelně izolačního systému na základě experimentu v podmínkách semi-scale ukázalo význam podobných experimentů pro zkoušky teplotně vlhkového chování obvodových plášťů. Experiment doká-

zal zřetelně identifikovat problémy z hlediska tepelně vlhkovostní bilance a jasně rozlišit správné a chybné řešení.

Význam experimentu tohoto typu ovšem není jen v posouzení účinnosti tepelně izolačních systémů, pro které byl proveden zde uvedený příklad. Další možností je jeho vy-

užití k ověření správnosti dat poskytovaných matematickými modely přenosu tepla a vlhkosti v dostatečně složité situaci či pro zdokonalení těchto modelů metodou inverzního modelování.

Článek vznikl za podpory grantu pátého rámcového programu EU G5RD-CT-2000-00197 a výzkumného záměru MŠMT MSM: 210000003.

Literatura

- [1] Černý, R. – Maděra, J.: Interior Thermal Insulation Systems in the Renovation of Historical Buildings: a Computational Analysis. In: Structural Studies, Repairs and Maintenance of Historical Buildings VII. Southampton, WIT Press 2001, pp. 405–414.
- [2] Jiříčková, M. – Černý, R.: Tepelné a vlhkostní parametry kapilárně aktivních materiálů na bázi kalciumsilikátu a minerální vlny. Stavební obzor, 10, 2001, č. 7, s. 216–219.
- [3] Jiříčková, M. – Černý, R.: Vlhkostní parametry materiálů pro obvodové pláště s vnitřní tepelnou izolací. Stavební obzor, 11, 2002, č. 2, s. 49–52.
- [4] Grunewald, J.: DELPHIN 4.1 – Documentation, Theoretical Fundamentals. TU Dresden, 2000.
- [5] Maděra, J. – Jiříčková, M. – Černý, R.: Computational Design of Interior Thermal Insulation Systems. International Conference on Advanced Engineering Design, Glasgow, 2001, pp. 425–430.
- [6] Pavlík, Z. – Pavlík, J. – Černý, R.: Měřicí systém NONSTAT. Stavební obzor, 10, 2001, č. 9, s. 220–222.
- [7] Feutron, Operation Manual for the Chambers 3421/15, 3836/15 and Derived Models (in Czech). Brno, Smýkal Ltd. 2000.
- [8] Easy Test – Soil Water Monitoring Device Brochure 2000. Lublin, Easy Test Ltd. 2000.
- [9] Ahlborn Mess- und Regelungstechnik. Operating Instructions Term Type 5500-3. Holzkirchen, Otto E. Ahlborn 2000.
- [10] Pavlík, Z. – Černý, R. – Toman, J. – Pavlík, J.: Měření tepelné vlhkostních charakteristik v podmínkách diferenčního klimatu [Sborník], Mezinárodní slovenský a český kalorimetrický seminář 2001, TU Ostrava, 2001, s. 95–98.

Pavlík, Z. – Jiříčková, M. – Černý, R.: Verification of the Functionality of a New Interior Thermal Insulation System on the Basis of Capillary Active Mineral Wool

A verification of the functionality of a new interior thermal insulation system on the basis of capillary active mineral wool and water vapour retarder with conveniently designed diffusion resistance is done in the conditions close to reality. The tests were performed using the NONSTAT semi-scale climatic chamber system for a brick wall and a stone wall.

Pavlík, Z. – Jiříčková, M. – Černý, R.: Überprüfung der Funktionsfähigkeit eines neuen Wärmedämmsystems auf der Basis von kapillaraktiver Mineralwolle

Im Artikel wird die Überprüfung der Funktionsfähigkeit eines neuen Wärmedämmsystems auf der Basis von kapillaraktiver Mineralwolle und einer Dampfbremse mit geeignet geplantem Diffusionswiderstand unter realitätsnahen Bedingungen beschrieben. Die Prüfungen werden mit Hilfe des Semi-scale-Klimakammer-Systems NONSTAT für eine Ziegelwand und eine Steinwand durchgeführt.

20. česká a slovenská mezinárodní konference

Ocelové konstrukce a mosty 2003

17. – 20. září 2003

Fakulta stavební ČVUT v Praze

20. česká a slovenská mezinárodní konference „Ocelové konstrukce a mosty 2003“ navazuje na tradici konferencí o ocelových konstrukcích pořádaných v bývalém Československu, která počíná rokem 1953. Cílem je umožnit vzájemné setkání pracovníkům oboru ocelových konstrukcí a dát prostor k výměně informací o nových poznatcích a výzkumu, zkušenostech s výrobou a montáží konstrukcí, normalizační činnosti a realizovaných konstrukcích. Očekávají se též příspěvky související s protikorozní a protipožární ochranou ocelových konstrukcí. Referáty zahraničních účastníků mají dát konferenci i širší pohledy na obor.

Témata

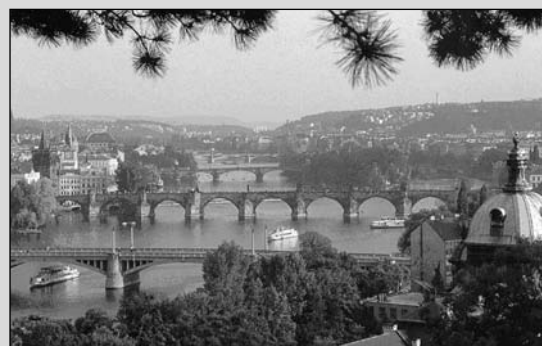
- realizované konstrukce
- materiál, výroba, montáž, kvalita, požadavky, standardy
- navrhování, teorie a výsledky výzkumu, normalizace
- diagnostika, údržba, rekonstrukce, ochrana proti korozi a požáru

Jednacími jazyky jsou čeština, slovenština, angličtina (pro zahraniční referáty bude vyhrazen zvláštní blok přednášek), bez překladatelů. Účastníci konference z ČR získají 3 body do systému celoživotního vzdělávání ČKAIT, ze Slovenska 3 body do systému celoživotního vzdělávání SKSI.

Vložené 3 500 Kč (při platbě do 15.4.2003 snížené na 3 000 Kč) zahrnuje registrační poplatek, účast na konferenci, sborník, propagační materiály, občerstvení o přestávkách a obědy ve dnech 18. a 19.9.02. Ubytování, společenská večere a exkurze nejsou zahrnuty do vloženého.

Přihlášky je možné poslat na adresu: SUZ ČVUT, Kongresové oddělení, Masarykova kolej, Thákurova 1, 160 41 Praha 6, nebo elektronicky na adresu: congress@suz.cvut.cz.

Sekretariát konference: ČVUT – Fakulta stavební, Katedra ocelových konstrukcí, Thákurova 7, 166 29 Praha 6, tel.: 224 354 772, fax: 233 337 466, e-mail: kalinova@fsv.cvut.cz, www.fsv.cvut.cz/OK2003/



Dynamické účinky nákladných vozidiel na vozovku

Ing. Peter MÚČKA, CSc.

SAV – Ústav materiálov a mechaniky strojov
Bratislava

Príspevok sa zaoberá zohľadnením zvislých dynamických účinkov nákladných vozidiel v technických smerniciach pre návrh vozoviek na Slovensku a v Českej republike. Pre porovnanie sa uvádzajú niektoré namerané hodnoty dynamických síl prenášaných do vozovky od ťažkých vozidiel. Článok sumarizuje veličiny používané na posúdenie dynamických účinkov vozidiel. Uvádzajú sa základné informácie o odpružení nákladných vozidiel „road-friendly“. Nákladné vozidlá vybavené týmto typom odpruženia sú v posledných rokoch legislatívne zvýhodňované zvýšením prípustného zaťaženia na nápravu.

Úvod

Pohybujúce sa vozidlo vytvára cez jednotlivé kontaktné plochy svojich kolies s vozovkou vo zvislom smere časovo premenné zaťaženie vozovky. Zaťaženie kola $F_k(t)$ (obr. 1) v jeho dotykovej ploche s vozovkou má svoju statickú zložku F_{stat} , úmernú tiaži časti vozidla pripadajúcej na koleso, a časovo premennú dynamickú zložku $F_{dyn}(t)$, ktorej existencia je podmienená predovšetkým interakciou vozidla s nerovnosťami výškového profilu vozovky. Veľkosť dynamickej zložky zvislého silového pôsobenia vozidla na vozovku ovplyvňujú rôzne faktory [1], [4], [5]:

- kvalita povrchu vozovky,
- rýchlosť pohybu vozidla,
- druh a funkčný stav odpruženia náprav,
- rozloženie nákladu vozidla na jednotlivé nápravy,
- druh montáže kolesa (jednoduchá, zdvojená) atď.

Príspevok sumarizuje veličiny pre posudzovanie dynamických účinkov vozidiel a hodnotenie poškodenia vozoviek vplyvom dynamického zaťaženia. Ďalej sa uvádzajú niektoré dostupné informácie zohľadňovania dynamickej zložky zaťaženia vozoviek v technických smerniciach pre návrh a výpočet tuhých a netuhých vozoviek na Slovensku a v Českej republike. Pre porovnanie sa uvádzajú aj namerané reálne hodnoty dynamického zaťaženia vozovky od nákladných vozidiel. Priestor je venovaný aj relatívne aktuálnej problematike odpruženia „road-friendly“, ktoré vymedzuje (na základe testu odpruženia) hranicu medzi nákladnými vozidlami z pohľadu veľkosti dynamických síl kolesa.

Príspevok je zameraný na oblasť dynamických účinkov vozidiel z pohľadu stavebného ako aj automobilového inžinierstva. Na jednej strane poukazuje na súčasný stav technických predpisov v oblasti navrhovania konštrukcií cestných vozoviek z pohľadu uvažovania prídavného dynamického zaťaženia vytváraného dopravným prúdom. Na druhej strane prezentuje niektoré z výsledkov merania zvislých dynamických účinkov vozidiel a venuje sa problematike odpruženia nápravy vozidla „road-friendly“.

Statické účinky vozidla

Statické zaťaženie vozovky od ťažkých nákladných vozidiel je jedným z hlavných prispievateľov k jej poškodeniu. Z dôvodov racionalizácie výpočtu dopravného zaťaženia sa prevádza účinok jednotlivých typov vozidiel na účinok návrhového vozidla, resp. návrhovej nápravy so stanovenými parametrami. Pre stanovenie prevodového súčiniteľa α_i určitého vozidla na návrhovú nápravu sa používa vzťah [7]

$$\alpha_i = \frac{N_i}{N_j} = \left(\frac{P_i}{P_j} \right)^n, \quad (1)$$

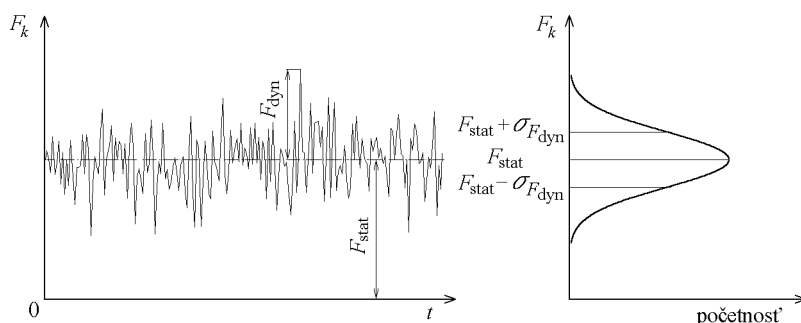
kde α_i je prevodový súčiniteľ i -teho vozidla, resp. i -tej nápravy vozidla na návrhovú nápravu,

N_i – počet prejazdov ťažkého vozidla so zaťažením nápravy P_i [kN] do vzniku porušenia vozovky,

N_j – počet prejazdov návrhovej nápravy so zaťažením nápravy P_j [kN] do vzniku porušenia vozovky,

n – konštanta závislá od typu vozovky.

Konštanta n sa podľa rôznych prameňov pohybuje v závislosti od typu vozovky v intervale od 2 do 6 pre netuhé vozovky a 8 až 12 pre tuhé vozovky [3]. Literatúra [7] uvádza rozpätie pre netuhé vozovky od 3,8 do 5, pričom najčastejšie sa používa hodnota $n = 4$ na základe rozsiahlych AASHO (American Association of State Highway Officials) testov vykonaných v USA v šesdesiatych rokoch. V slovenskej návrhovej metóde TS 0502: 2002 pre netuhé vozovky sa používa hodnota $n = 3,5$. Zo vzťahu (1) pri uvážení hodnôt konštanty n vyplýva, že ničivý účinok pre netuhé vozovky vplyvom pôsobenia ťažkých vozidiel je závislý približne od štvrtej mocniny statického zaťaženia. Treba poznamenať, že vzťah (1) má rôzne modifikácie v závislosti od typu nápravy, veľkosti rázvoru, či typu konštrukcie vozovky, ktoré uvádzať nebudeme.



Obr. 1. Časový priebeh zvislej sily kolesa $F_k(t)$ a rozdelenie hustoty pravdepodobnosti

Veličiny na posúdenie dynamického zaťaženia vozovky

V tejto časti uvedieme niektoré používané veličiny slúžiace na vyjadrenie dynamických účinkov vozidiel. Koefficient dynamického zaťaženia *DLC* (Dynamic Load Coefficient), ktorý má tvar

$$DLC = \frac{\sigma_{F_{dyn}}}{F_{stat}}, \quad (2)$$

predstavuje pomer smerodajnej odchýlky dynamickej sily kolesa $\sigma_{F_{dyn}}$ ku statickému zaťaženiu kolesa F_{stat} . Alternatívou k parametru *DLC* je dynamický súčiniteľ δ , ktorý vyjadruje podiel maximálneho dynamického zaťaženia kolesa, prípadne okamžitého dynamického zaťaženia v čase t ku statickému zaťaženiu kolesa

$$\delta = F_{dyn\ max}/F_{stat}, \text{ resp. } \delta(t) = F_{dyn}(t)/F_{stat}. \quad (3)$$

Ďalšou možnosťou je STN 30 0560: 1970 definovaný dynamický súčiniteľ k_{dyn} pri jazde vozidla cez prekážky, ktorý vychádza z maximálnych hodnôt dynamickej sily. Súčiniteľ k_{dyn} vyjadruje pomerné zvýšenie tiažovej sily pôsobiacej od nápravy na vozovku v dôsledku pôsobenia dynamických síl a je definovaný vzťahom

$$k_{dyn} = \frac{F_{stat} + F_{dyn\ max}}{F_{stat}}, \quad (4)$$

kde F_{stat} je statická zložka tlakovej sily nápravy na vozovku a $F_{dyn\ max}$ je maximum dynamickej zložky tlakovej sily. Sila $F_{dyn\ max}$ sa pre jednotlivé meracie rýchlosti určuje ako aritmetický priemer z maximálnych nameraných hodnôt dynamickej sily pri troch opakovaných prejazdoch vozidla cez normované prekážky. Dynamický súčiniteľ k_{dyn} sa niekedy stanovuje aj z hodnôt maxima náhodnej odozvy dynamickej sily kolesa pri pohybe po náhodných nerovnostiach profilov reálnych vozoviek.

V ďalšom uvedieme niektoré veličiny slúžiace na hodnotenie poškodenia vozoviek v závislosti na dynamickom zaťažení. Prostredníctvom parametra *DLC* sa vyjadruje veličina *DLSF* (Dynamic Load Stress Factor) [1], [3], ktorá slúži na kvantifikovanie miery namáhania netuhých vozoviek vplyvom dynamického zaťaženia zo strany vozidla

$$DLSF = 1 + 6 \cdot DLC^2 + 3 \cdot DLC^4. \quad (5)$$

Pre označenie parametra *DLSF* sa používa niekedy alternatívne označenie *PWF* (Power Wear Factor) [10].

Eisenmann zaviedol v roku 1975 na hodnotenie poškodenia netuhých vozoviek s uvážením dynamického zaťaženia faktor namáhania vozovky ϕ (Road Stress Factor), ktorý má tvar

$$\phi = DLSF \cdot F_{stat}^4. \quad (6)$$

Vychádzal pritom z predpokladu náhodného charakteru dynamického zaťaženia vozovky s normálnym rozdelením hustoty pravdepodobnosti, závislosti poškodenia vozovky od štvrtej mocniny jej okamžitého zaťaženia a rovnomernej distribúcie poškodenia pozdĺž jazdnej dráhy. Koefficient *DLSF* nadobúda v prípade uvažovania pohybu nákladného vozidla typickou rýchlosťou pohybu po nerovnostiach typických pre diaľnicu hodnoty od 1,11 do 1,46 [3].

Vzťah (6) bol neskôr Eisenmannom v roku 1978 modifikovaný o parametre, ktoré brali do úvahy aj konfiguráciu kolies a dotkový tlak pneumatiky

$$\phi = DLSF \cdot (\eta_I \cdot \eta_{II} \cdot F_{stat})^4, \quad (7)$$

kde η_I je konštanta, ktorá zohľadňuje konfiguráciu kolesa (jednoduchá alebo zdvojená montáž),

η_{II} – konštanta, ktorá zohľadňuje dotkový tlak pneumatiky.

Mitschke v roku 1984 [1] navrhol vzťah pre faktor namáhania vozovky v , ktorý zahŕňal dynamické zaťaženie, dotkový tlak pneumatiky a počet kolies vozidla. Vzťah (8) vyjadruje celkové poškodenie netuhej vozovky vplyvom vozidla s N nápravami

$$v = \sum_{i=1}^N v_i = \sum_{i=1}^N (\eta_I \cdot \eta_{II} \cdot n_{III} \cdot F_{z,stat})_i^4, \quad (8)$$

kde v_i je faktor poškodenia pre i -tu nápravu,

n_I – koeficient konfigurácie kolesa ($n_I = 1$ – jednoduché koleso, $n_I = 0,9$ – koleso so zdvojenou montážou),

n_{II} – koeficient dotkového tlaku ($n_{II} = 1$ pre 700 kPa),

n_{III} – koeficient dynamického zaťaženia kolesa.

Hoci vzťah (8) berie do úvahy ďalšie faktory, na rozdiel od pôvodne odvodennej závislosti poškodenia vozovky od štvrtej mocniny zaťaženia, predsa len nezohľadňuje napríklad rázvor a pôsobenie tandemových, resp. trojitých náprav. Ďalšia kritika faktoru namáhania vozovky vychádza z nasledovných úvah [1]:

- poškodenie vozovky závislé na štvrtej mocnine zaťaženia v sebe nepriamo obsahuje aj informáciu o dynamickom zaťažení vozovky, keďže pri testoch AASHO pri určovaní vzájomnej závislosti medzi zaťažením nápravy a poškodením vozovky pôsobili vozidlá na testovaných úsekoch samozrejme aj dynamickým zaťažením;
- deformácia je úmerná okamžitému zaťaženiu kolesa a nie je zohľadnená rýchlosť vozidla ako aj frekvenčné spektrum záťaže;
- predpokladá sa náhodné rozloženie poškodenia vozovky pozdĺž jazdnej stopy a neberie sa do úvahy koncentrácia poškodenia v určitých úsekoch vozovky;
- neberie sa do úvahy druh odpruženia jednotlivých náprav, ktoré výrazne ovplyvňuje veľkosť dynamického zaťaženia vozovky.

Pri posudzovaní vplyvu zvislej dynamickej sily kolesa na poškodenie vozovky sa objavujú dve rozdielne hypotézy [2]:

- maximá dynamickej sily kolesa sú náhodne rozložené pozdĺž jazdnej dráhy, z čoho vyplýva, že poškodenie vozovky, zapríčinené dopravným zaťažením, je rovnomerne rozložené pozdĺž jazdnej dráhy;
- maximá dynamickej sily kolesa sa vyskytujú opakovane v konkrétnych miestach jazdnej dráhy.

Za prvého predpokladu sa dynamická sila kolesa podieľa na poškodení vozovky v rozsahu 10 až 40 % poškodenia zapríčineného statickým zaťažením kolesa. V takomto prípade je dynamické namáhanie vozovky relatívne menej významným faktorom. V prospech druhej hypotézy dráhového opakovania zvislého dynamického zaťaženia vozovky (Spatial Repeatability) hovoria výsledky rôznych experimentov. V práci [2] bol vykonaný rozsiahly experiment, pri ktorom 50 % z 1 500 vyšetrovaných rôznych typov nákladných vozidiel, prívesových a návesových súprav generovalo maximum dynamickej sily v rovnakých miestach jazdnej dráhy. V prípade uvažovania tohoto predpokladu je vplyv dynamickej sily kolesa na poškodenie vozovky v najviac zaťažených miestach dvojnásobne až štrnásťnásobne väčší ako vplyv pôsobenia samotného statického zaťaženia kolesa

nákladného vozidla. Ukazuje sa teda, že za určitých predpokladov môže mať časovo premenná dynamická sila (predovšetkým jej maximum) niekoľkonásobne väčší vplyv na predčasné poškodenie vozoviek ako statické zaťaženie vozovky.

Dynamické účinky vozidla pri návrhu vozovky

Zohľadnenie dynamických účinkov vozidiel pri návrhu vozovky závisí od typu navrhovanej vozovky. Pri asfaltových vozovkách nehrá dynamické zaťaženie natoľko významnú úlohu, keďže viskózne vlastnosti netuhých vozoviek umožňujú väčšiu odolnosť voči zaťaženiu pri rýchlej doprave.

Slovenská návrhová metóda pre cementobetónové vozovky uvažuje výpočtové zaťaženie P_v návrhovej nápravy

$$P_v = \delta \cdot P, \quad (9)$$

kde P je zaťaženie návrhovej nápravy a dynamický súčiniteľ $\delta = 1,1$ pre pozdĺžnu hranu, resp. $\delta = 1,2$ pre priečnu hranu zaťažovacej dosky [7]. Výpočtové zaťaženie sa používa pre stanovenie dlhšej polosy elipsovitej dotykovej plochy kolesa návrhovej nápravy. Zo vzťahu (9) vyplýva, že pri návrhu tuhej vozovky sa zohľadňujú dynamické účinky vozidla, a to na úrovni 10, resp. 20 % statického zaťaženia vozovky návrhovou nápravou. Rozdielne hodnoty dynamického súčiniteľa δ závisia od rozloženia napätí v cementobetónovej doske v závislosti od možnej polohy kolesa pohybujúceho sa vozidla vzhľadom na rovinu dosky. Treba poznamenať, že v súčasnosti sa pripravuje na Slovensku revidovaná technická smernica pre návrh tuhých vozoviek, ktorá nahradí prekonanú smernicu ešte z obdobia spoločného štátu.

V aktuálnej technickej smernici pre navrhovanie netuhých a polotuhých vozoviek TS 0502: 2002 sa prevodový súčiniteľ slúžiaci na prepočet vozidiel na návrhovú nápravu určuje podľa vzťahu

$$\alpha_i = k_i \left(\frac{p_i P_i}{p_j P_j} \right)^{3,5}, \quad (10)$$

kde α_i je prevodový súčiniteľ i -tej nápravy na návrhovú nápravu,

- p_i – priemerný dotykový tlak pneumatiky prepočítavanej nápravy,
- P_i – zaťaženie kolesa prepočítavanej nápravy,
- p_j – priemerný dotykový tlak pneumatiky prepočítavanej nápravy,
- P_j – zaťaženie kolesa prepočítavanej nápravy,
- k_i – súčiniteľ závislý od usporiadania náprav (rázvoru).

V slovenskej návrhovej metóde sa s dynamickým zaťažením od vozidiel pri návrhu netuhých vozoviek neuvažuje. Vedecko-technický projekt [11] bol zameraný na porovnanie účinkov vozidiel vybavených oceľovými a vzduchovými pružinami na poškodenie asfaltových vozoviek. Zakomponovanie výsledkov tohoto projektu do metodiky navrhovania vozoviek naráža však na nedostatok, že správa cestnej siete nedisponuje v súčasnosti informáciami o podiele vozidiel s oboma druhmi odpruženia v skladbe dopravného prúdu. Z tohto titulu sa následne upustilo pri revízii TS 0502 od uvažovania dynamických účinkov vozidiel na vozovku v návrhovej metóde. Ďalšími dôvodmi neuvažovania dynamického zaťaženia v návrhovej metóde bolo

aj málo dostupných informácií k danej problematike a nemožnosť experimentálneho overenia niektorých čiastkových teoretických poznatkov.

Dopravné zaťaženie je zložitým problémom, ktoré je hodnotené štatistickým vyhodnotením statického zaťaženia náprav jednotlivých typov vozidiel. Veľkosť dynamického zaťaženia vozoviek je obmedzovaná nepriamym spôsobom. A to pri posudzovaní pozdĺžnej rovnosti vozovky na základe stanovenia miery nerovností vozoviek prostredníctvom odozvových systémov. Tieto systémy sú založené na dynamickej interakcii sústavy vozidlo-vozovka, pri ktorom je určujúcim kritériom pohodlie jazdy. Na základe odozvy kmitania vo forme zvislého zrýchlenia v definovanom mieste odpruženej časti odozvového zariadenia (prívesu, vozidla) bývajú vozovky zaraďované do klasifikačných tried pozdĺžnych nerovností (napr. ČSN 73 6175:1995). Zrýchlenie odpružených hmôt je mierou zotrvačných účinkov nadstavby vozidla. Zvislé kmitanie nadstavby zväčša najvýznamnejšie prispieva k dynamickému zaťaženiu vozoviek. Zabezpečenie pozdĺžnej rovnosti vozoviek v prípustných hraniciach so sebou prináša aj zabezpečenie nižšej úrovne negatívneho dynamického pôsobenia vozidiel, ktorého veľkosť narastá so zhoršenou kvalitou vozovky.

V českej návrhovej metóde TP 77 z roku 1995 v časti "Posúdenie stmelených vrstiev a podlažia opakovaným namáhaním" sú všetky neistoty zaťaženia (rozloženie hmotnosti vozidla na jednotlivé nápravy, dynamické účinky, neistoty výpočtového modelu atď.) zakomponované v čiastkovom súčiniteli spoľahlivosti návrhu vozovky γ_d , ktorého hodnoty sú definované pre vozovky:

- netuhé $\gamma_d = 1,80$,
- tuhé $\gamma_d = 2,00$.

Medzný počet opakovaných zaťažení vozovky sa stanovuje:

- pre netuhé vozovky

$$N_{ij,lim} = \frac{1}{\gamma_d C_2 C_4} \left(\frac{\gamma_u \gamma_D}{10^{a_j} \epsilon_{ij}} \right)^B; \quad (11)$$

- pre tuhé vozovky

$$N_{ij,lim} = \frac{1}{\gamma_d C_2} \left(\frac{\gamma_u \gamma_D f_{i,j}}{\sigma_{i,j}} \right)^B, \quad (12)$$

kde $N_{ij,lim}$ je medzný počet opakovania zaťaženia i v podmienkach j ,

- a_j – charakteristika únavy v podmienkach j ,
- ϵ_{ij} – vypočítané maximálne pomerné predĺženia na spodku asfaltových vrstiev a maximálne stlačenie podlažia pod zaťažením i v podmienkach j ,
- $\sigma_{i,j}$ – vypočítané maximálne napätie v ťahu v cementobetónovej vrstve pod zaťažením i v podmienkach j ,
- $f_{i,j}$ – pevnosť v ťahu betónu – napätie na medzi porušenia jednorázovým namáhaním i -tej veľkosti za j -tych podmienok,
- B – charakteristika únavy,
- γ_d – čiastkový súčiniteľ spoľahlivosti výpočtového modelu,
- γ_u – čiastkový súčiniteľ spoľahlivosti aplikácie únavovej skúšky na podmienky zaťaženia vyskytujúce sa vo vozovke,
- γ_D – čiastkový súčiniteľ spoľahlivosti porušenia vozovky,
- C_2 – súčiniteľ fluktuácie stôp ťažkých nákladných vozidiel (TNV),
- C_4 – súčiniteľ vplyvu rýchlosti pohybu TNV.

Predmetný súčiniteľ γ_d vystupuje v TP 77 aj vo vzťahoch pre stanovenie medznej hodnoty počtu prejazdov TNV za návrhové obdobie pre tuhé a netuhé vozovky, ktoré slúžia následne na určenie návrhovej hodnoty celkového pomerového porušenia za návrhové obdobie. Keďže súčiniteľ γ_d zahŕňa všetky neistoty zaťaženia, nie je možné identifikovať veľkosť príspevku dynamických účinkov na jeho výslednej hodnote.

Odpruženie nápravy nákladného vozidla „road-friendly“

Pojem „road-friendly“ v súvislosti s odpružením nápravy nákladného vozidla sa objavil v oblasti automobilového inžinierstva len pred niekoľkými rokmi a definoval hranicu medzi odpruženiami nákladných vozidiel so snahou o kvalitatívne rozlíšenie odpružení podľa veľkosti zvislých dynamických účinkov vozidiel na vozovku. Potrebu takéhoto delenia odpružení náprav nákladných vozidiel, resp. samotných vozidiel, podmienili výsledky výskumov z posledných desaťročí, ktoré preukázali značné rozdiely vplyvu rôznych typov odpružení na dynamické zaťaženie vozoviek ako aj životnosť vozoviek [3], [4], [5], [10], [11].

Vychádza sa pritom z principiálnych rozdielov medzi oceľovými listovými pružinami a vzduchovými pružinami, ktoré majú dopad na dynamické zaťaženie vozovky. Z uvedených rozdielov má význam pre zníženie dynamického namáhania vozoviek hlavne schopnosť vzduchových pružín zabezpečiť nízku vlastnú frekvenciu zvislého kmitania odpruženej hmoty bez potreby značného prepérovania, ako je tomu v prípade oceľových pružín. Ďalšou výhodou vzduchových pružín z tohto pohľadu je zachovanie relatívnej konštantnosti vlastnej frekvencie kmitania nadstavby bez ohľadu na zaťaženie, t.j. hmotnosť nákladu. Nezanedbateľný vplyv môže mať aj samotná hmotnosť pružiny, ktorá je v prípade oceľových pružín výrazne vyššia, ako aj absencia suchého trenia v prípade vzduchových pružín.

Definovanie odpruženia „road-friendly“ na základe merania stanovených parametrov odpruženia sa prvýkrát objavilo v roku 1985 v Direktíve Európskej únie 7/85/EEC, ktorá bola postupne aktualizovaná až do súčasne platnej verzie 53/96/EC z roku 1996. Direktíva umožňuje nákladným vozidlám vybaveným odpružením, ktoré spĺňa kritéria testu kvality odpruženia (týkajúce sa tuhosti pružín, suchého trenia, pomerného tlmenia, vlastnej frekvencie zvislého kmitania nadstavby, rozloženia nákladu atď.), zvýšenie maximálnej dovolenej hmotnosti na nápravu. Pritom sa vychádza z predpokladu, že nákladné vozidlá, ktorých 75 % pružiacich elementov tvoria vzduchové pružiny, sú považované automaticky za vozidlá s odpružením RFS. Testovanie sa vykonáva na odpružení hnacej nápravy, na ktorej nie je použité vzduchové odpruženie. Odpruženie nápravy typu „road-friendly“ musí spĺňať tieto podmienky:

- náprava musí byť vybavená kolesami so zdvojenou montážou;
- odpruženie musí obsahovať hydraulické tlmiče;
- vlastná frekvencia nadnášania nadstavby vozidla je menšia ako 2 Hz;
- minimálna hodnota pomerného súčiniteľa tlmenia D na úrovni 20 % kritického tlmenia;
- tlmenie na úrovni maximálne 50 % pomerného súčiniteľa tlmenia D v prípade absencie tlmičov;
- statické rozloženie zaťaženia náprav v rozpätí 5 %.

Zvýšenie hmotnostných limitov zaťaženia náprav a celkovej hmotnosti vozidiel vybavených odpružením „road-

-friendly“ sa v jednotlivých krajinách pohybuje v rozpätí 1 až 3,5 t v závislosti od typu nákladného vozidla, nápravy, montáže kolesa, prípadne rázvoru.

Výskumný projekt [5] vychádzal pri porovnávaní efektov rozličných druhov odpruženia zo vzťahu (1) rozšíreného o dynamický súčiniteľ δ , ktorý zahŕňa vplyv dynamického zaťaženia na životnosť vozovky,

$$\frac{N_i}{N_j} = \delta \left(\frac{P_i}{P_j} \right)^n \quad (13)$$

Dynamický súčiniteľ δ zohľadňuje vplyv premennej dynamicko-zložky zaťaženia vozovky na životnosť vozovky a možno ho považovať za ekvivalentný parametru $DLSF$ vo vzťahu (6). Hodnoty dynamického súčiniteľa sú funkciou rýchlosti pohybu, usporiadania náprav a použitých pneumatík. Typické hodnoty súčiniteľa δ podľa [3] pri pohybe po kvalitnej vozovke rýchlosťou 80 km/h sa pohybujú v rozpätí od 1,01 (vzduchové pruženie) do 1,25 (listové pružiny pri návese). Pri pohybe po menej kvalitnej vozovke boli namerané hodnoty od 1,08 do 1,54 pre spomínané typy odpruženia. Zo vzťahu (13) vychádzajú aj regulačné opatrenia EÚ týkajúce sa odpruženia ťažkých vozidiel. Tieto sa aplikujú na základe porovnania poškodenia podložia vplyvom prejazdu ťažkých vozidiel odpružených oceľovými a vzduchovými pružinami. Polemika s platnosťou vzťahu (13) je prezentovaná v [1] a [3].

Na základe výsledkov výskumov boli v Austrálii uvažované hodnoty parametrov DLC a $DLSF$ uvedené v tab. 1 v závislosti od rýchlosti pohybu, typu nápravy a montáže kolies v prípade klasických odpružení realizovaných prostredníctvom oceľových listových pružín (bez RFS) a pre nákladné vozidlá s odpružením „road-friendly“ (RFS) pri výpočte opotrebovania vozoviek. Na základe týchto hodnôt dynamického zaťaženia sa následne odporučili a legislatívne stanovili hodnoty zvýšenia prípustného zaťaženia na nápravu pre vozidlá vybavené odpružením „road-friendly“ [10]. Ak vychádzame z predpokladu, že prezentované údaje reflektujú realitu, potom z tab. 1 vyplýva, že dynamické zaťaženie sa pohybuje v reálnej prevádzke nákladných vozidiel v intervale od 6 do 24 % statického zaťaženia vozovky.

Namerané hodnoty

V tejto časti uvedieme niektoré z výsledkov merania dynamického zaťaženia kolies nákladných vozidiel. Nameraných výsledkov z tejto oblasti je však len relatívne málo. Príčin tohoto stavu je niekoľko. Súvisí to s technickou náročnosťou vykonania takýchto meraní na vozidle pri terénnych skúškach, keď je potrebná buď meracia platforma dostatočnej dĺžky zabudovaná do vozovky, prípadne náprava vybavená snímačmi zrýchlenia, ktoré slúžia na nepriame určenie dynamického zaťaženia vozovky prostredníctvom stanovenia zotrvačných účinkov odpružených a neodpružených hmôt vozidla. Ďalším dôvodom je, že výrobcovia nákladných automobilov nie sú nútení zaoberať sa určením dynamického zaťaženia kolies, keďže legislatíva nestanovuje v tomto smere žiadne obmedzenia. Preto sú zväčša dostupné len čiastkové výstupy rôznych vedecko-výskumných projektov [4], [5], [8.] [10], [11], ktoré sa často nezaoberajú dynamickým zaťažením komplexne, ale sledujú len vplyv partikulárnych faktorov na dynamickú zložku zaťaženia vozovky, ako je napr. vplyv typu odpruženia náprav, použitej montáže kolesa, rozloženia nákladu apod.

Podľa [4] nadobúdajú typické hodnoty smerodajnej odchýlky dynamickej sily kolesa hodnoty na úrovni 5 až

Tab. 1. Hodnoty parametrov DLC a DLSF pre nákladné vozidlá [10]

Náprava	Montáž kolesa	DLC [-] / DLSF [-]			
		oblasť vyšších rýchlostí		oblasť nižších rýchlostí	
		bez RFS	RFS	bez RFS	RFS
jednotlivá	jednoduchá	0,08/1,04	0,08/1,04	0,062/1,02	0,062/1,02
jednotlivá	zdvojená	0,20/1,25	0,10/1,06	0,156/1,15	0,078/1,04
dvojnáprava*	zdvojená	0,24/1,36	0,10/1,06	0,187/1,21	0,078/1,04
dvojnáprava**	zdvojená	0,20/1,25	0,10/1,06	0,156/1,15	0,078/1,04
dvojnáprava	zdvojená/jednoduchá	0,20/1,25	0,10/1,06	0,156/1,15	0,078/1,04
trojnáprava	zdvojená	0,20/1,25	0,10/1,06	0,156/1,15	0,078/1,04

* hnacia náprava, ** príves

Tab. 2. Namerané hodnoty dynamického koeficienta DLC [4]

Rýchlosť [km/h]	DLC [-] / DLSF [-]			
	pravé predné koleso	ľavé predné koleso	pravé zadné koleso	ľavé zadné koleso
65	0,0337/1,007	0,0328/1,006	0,0531/1,017	0,0511/1,016
75	0,0371/1,008	0,0394/1,009	0,0609/1,022	0,0572/1,020
85	0,0377/1,009	0,0399/1,010	0,0601/1,022	0,0598/1,021

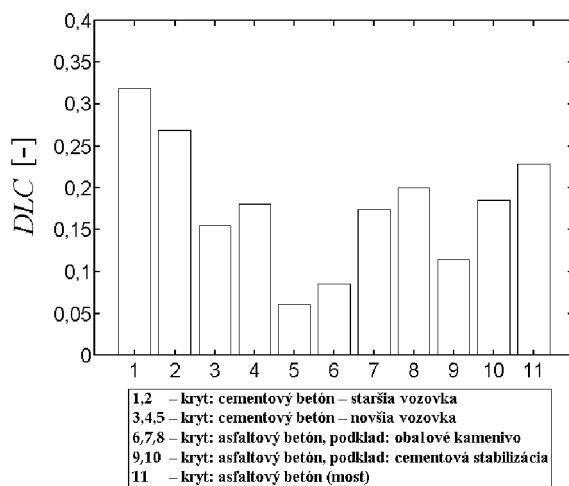
10 % statického zaťaženia kolesa v prípade optimálne nastaveného tlmenia pri vzduchovom pružení a odpružení listovými pružinami doplneného o tlmič s mäkkým tlmením. Pri horšej kvalite odpruženia dochádza k nárastu smerodajnej odchýlky dynamickej sily na 20 až 40 % statického zaťaženia kolesa. Podľa [3] nadobúda koeficient dynamického zaťaženia DLC pri bežných prevádzkových podmienkach pri pohybe vozidla po náhodných nerovnostiach povrchu vozovky hodnoty od 0,1 do 0,3. Pre odpruženie tandemovej nápravy so zníženou úrovňou tlmenia bolo namerané dokonca $DLC = 0,4$. Pri pohybe po veľmi nerovnej vozovke udáva prameň [7] hodnoty dynamického súčiniteľa $\delta = F_{dyn}/F_{stat}$ v intervale 0,5 až 2. Experimentálne merania ukázali, že hodnoty extrémov dynamického zaťaženia vozovky pri pohybe vozidla po náhodných nerovnostiach dosahujú približne trojnásobok smerodajnej odchýlky dynamickej sily $F_{dyn\ max} = 3 \cdot \sigma_{F_{dyn}}$.

Tabuľka 2 uvádza namerané hodnoty parametra DLC pre nákladné vozidlo pri rôznych rýchlostiach podľa [4]. Výsledky boli namerané na dvojnápravovom nákladnom vozidle Ford Cargo s celkovou hmotnosťou 17,5 t pri pohybe po relatívne kvalitnej vozovke. Odpruženie oboch náprav bolo realizované prostredníctvom oceľových listových pružín a hydraulických tlmičov. Meranie bolo vykonané prostredníctvom meracieho zariadenia pozostávajúceho z akcelerometrov a tenzometrov umiestnených na náprave. V tabuľke 3 uvádzame priemerné hodnoty dynamického (rázového) súčiniteľa k_{dyn} zistené experimentálne pre rôzne vozidlá pohybujúce sa po vozovkách rôznej kvality [6]. Dynamický súčiniteľ k_{dyn} vyjadruje pomerné zvýšenie tlakovej sily nápravy v dôsledku kmitania vozidla pri pohybe po náhodných nerovnostiach.

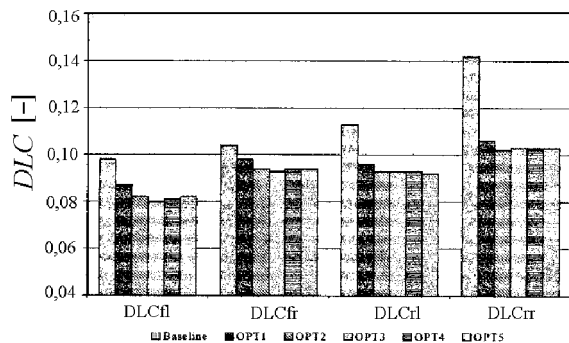
Obrázok 2 predstavuje namerané hodnoty parametra DLC pre 11 cestných úsekov s rôznou skladbou vozovky s minimálnou dĺžkou úseku 2 km. Namerané hodnoty dynamického zaťaženia kolesa sa pohybujú v rozpätí 5 až 32 % statického zaťaženia kolesa v závislosti na skladbe a kvalite vozovky. Ako vyplýva z obr. 2, dynamická zložka zaťaženia značne narastá so zhoršenou kvalitou vozovky (úseky 1 a 2 na obr. 2). Výsledky boli namerané na stredne ťažkom nákladnom vozidle IVECO pri konštantnej rýchlosti pohybu 60 km/h. Dynamické zaťaženie sa určovalo nepriamou metódou cez určenie zvislých zotrvačných účinkov vozidla.

Tab. 3. Namerané hodnoty dynamického súčiniteľa k_{dyn} [6]

Automobil	k_{dyn}
osobný	1,4 ÷ 1,8
nákladný – nezaťažený	1,2 ÷ 2,0
nákladný – zaťažený	1,5 ÷ 2,5



Obr. 2. Namerané hodnoty parametra DLC pre rôzne skladby vozoviek na vozidle IVECO



Obr. 3. Namerané hodnoty parametra DLC pre nízkopodlažný autobus

Na obrázku 3 sú znázornené odmerané hodnoty *DLC* pre všetky štyri kolesá nízkopodlažného autobusu pri pohybe po miestnych komunikáciách bežnou prevádzkovou rýchlosťou 50 km/h. Vynesené hodnoty *DLC* sú pritom funkčnou závislosťou nastavenia pracovnej charakteristiky tlmiča odpruženia [8].

Záver

Príspevok sumarizuje aktuálny stav stavebných technických noriem a záväzných smerníc pre navrhovanie tuhých, netuhých a polotuhých vozoviek z pohľadu uvažovania prírodného dynamického zaťaženia vozovky od ťažkých vozidiel. Ukazuje sa, že pri návrhu vozoviek sa berie do úvahy dynamické zaťaženie vozovky len v prípade tuhých vozoviek, a to v rozsahu 10 až 20 % statického zaťaženia (Slovensko), alebo je zohľadnené v čiastkovom súčiniteli spoľahlivosti návrhu vozovky (Česká republika). Pri netuhých vozovkách sa dynamické zaťaženie buď neberie do úvahy (Slovensko), alebo sa zohľadňuje čiastkovým súčiniteľom spoľahlivosti (Česká republika), ktorý zahŕňa všetky neistoty zaťaženia. Na druhej strane sa v príspevku prezentujú niektoré namerané hodnoty dynamického zaťaženia, ktorého veľkosť ovplyvňuje mnoho faktorov, ako kvalita odpruženia, stav povrchu vozovky, frekvencie kmitania vozidla, dĺžka rázvoru, nelinearity prvkov odpruženia, rozloženie zaťaženia jednotlivých náprav, homogenita vlastností kolies atď. Namerané dynamické zaťaženie vytvárané dopravným prúdom je často väčšie ako návrhovú metodikou uvažované dynamické zaťaženie vozovky.

Príspevok uvádza sumár základných veličín používaných na posúdenie dynamických účinkov vozidiel a ich vplyvu na poškodenie vozovky ako aj informácie o relatívne aktuálnej problematike odpruženia nákladných vozidiel „road-friendly“, ktoré prináša so sebou ich rozdelenie podľa vytváraného dynamického zaťaženia vozovky do dvoch skupín. Nákladné vozidlá vybavené týmto druhom odpruženia majú

legislatívne zabezpečenú možnosť zvýšenia hmotnostných limitov na nápravu.

Príspevok vznikol za podpory grantového projektu VEGA č. 2/2029/22.

Literatúra

- [1] Load Testing of Instrumented Pavement Sections – Literature Review. Department of Civil Engineering, University of Minnesota, 1999, 111 p.
- [2] Cole, D.J. – Collop, A.C. – Potter, T.E.C. – Cebon, D.: Spatial Repeatability of Measured Dynamic Tyre Forces. Proc. of IMechE, Part D, **210**, 1996, pp. 95–107.
- [3] Collop, A.C. – Cebon, D.: Effects of „Road Friendly“ Suspensions on Longterm Flexible Pavement Performance. Proc. of IMechE, Part C, **211**, 1997, pp. 411–424.
- [4] Dynamic Interaction between Vehicles and Infrastructure Experiment. Technical Report No. 71048, OECD, 1998, 151 p.
- [5] Dynamic Loading of Pavements. OECD Road Transport Research Programme, Paris, 1992.
- [6] Močkoř, R.: Motorové vozidlá II – Podvozkové orgány. STU, Bratislava, 1997, 303 s.
- [7] Poliačik, I. – Gschwendt, I.: Mechanika vozoviek – Navrhovanie vozoviek cestných komunikácií. SVŠT, Bratislava, 1990, 244 s.
- [8] Rakheja, S. – Ahmed, A.K.W. – Stíharu, I.: Urban Bus Optimal Passive Suspension Study. CONCAVE Research Centre, Concordia University, Kanada, 2001, 47 p.
- [9] Sun, L.: Computer Simulation and Field Measurement of Dynamic Pavement Loading. Mathematics and Computers in Simulation, **56**, 2001, pp. 297–313.
- [10] Sweatman, P.F.: Road-Friendly Vehicles and Local Roads. Roaduser Research Report 98-489-01, 1998.
- [11] Účinky dynamického zaťaženia na funkčnú spôsobilosť asfaltových vozoviek. [Výskumná správa R07]. Výskumný ústav inžinierskych stavieb, Bratislava, 1999.

Múčka, P.: Dynamic Effects of Heavy Vehicles on the Road

This paper describes consideration of dynamic effects of heavy vehicles on the road given in technical directives for road design in the Slovak and the Czech Republic. Some measured values of dynamic tyre forces of heavy vehicles are introduced for comparison. The paper summarizes the measures of evaluation of the vehicle dynamic effects. The basic information about road-friendly suspension is presented. The heavy vehicles fitted with road-friendly suspension have been allowed to use increased axle mass in recent years.

Múčka, P.: Dynamische Wirkungen von Lastkraftwagen auf die Fahrbahn

Der Beitrag befasst sich mit der Berücksichtigung der senkrechten dynamischen Einwirkungen von Lastkraftwagen in technischen Richtlinien für den Entwurf von Fahrbahnen in der Tschechischen und Slowakischen Republik. Zum Vergleich werden bestimmte Messwerte der dynamischen Kräfte angeführt, die von schweren Fahrzeugen auf die Fahrbahn übertragen werden. Der Artikel summiert die Kriterien, die zur Beurteilung der dynamischen Auswirkungen von Fahrzeugen dienen. Es werden grundlegende Informationen über die sog. „road-friendly“ Achsfederung des Fahrzeugs angeführt. Lastkraftwagen die mit dieser Art von Federung ausgestattet sind, werden in den letzten Jahren durch die Erhöhung der zulässigen Achslasten legislativ bevorzugt.

Nový logistický park v Ruzyni

The Europa Fund s exkluzívním poradenstvím společnosti Europa Capital Partners koupila 53 tis. m² významných skladových a kancelářských prostor v Praze-Ruzyni v minulosti známých jako distribuční areál Regata a nyní nově přejmenovaných na Westpoint Distribution Park. Developerská společnost The Charnwood Company se sídlem v Praze, která byla nápomocna při zabezpečení projektu pro The Europa Fund, se stala partnerem fondu v Praze a bude manažerem tohoto majetku. Areál se nachází 2 km jižně od pražského letiště a sousedí s nově dokončeným obchvatem s napojením na hlavní dálnice na sever, západ a jih od Prahy. Kromě těchto možností jsou skladové prostory jedněmi z mála, které nabízejí také přístup po železnici.

Nákupem nemovitosti od místních majitelů se společnost Europa Fund zavázala ke zvýšení kvality a image tohoto objektu dalšími investicemi do jeho obnovy. Westpoint Distribution Park nabízí skladové prostory s vysokými oddíly, skladiště a chladičové prostory s celkovou plochou k pronájmu zhruba 53 tisíc m². Jedním z prvních zájemců je Tibbett & Britten, jedna z největších společností poskytujících logistické služby v Evropě. Mezi stávající nájemníky, kteří využívají tyto prostory, patří společnosti Bristol Myers Squibb, Danone, Bohler Uddeholm a Pfanner.

Tisková informace

Systémy pro vyhodnocení protikorozní ochrany potrubí

Ing. Dalibor BARTONĚK, CSc.
VUT – Fakulta stavební
Brno

V příspěvku jsou popsány dva programové systémy GAS-ACOR a GASSERV vytvořené speciálně pro zpracování periodických měření v rámci protikorozní ochrany potrubí. Systémy se používají od počátku devadesátých let v Českých plynárenských podnicích v celé ČR a v některých plynárenských podnicích na Slovensku. Dále jsou provozovány ve společnostech Transgas, a. s., ČEPRO, a. s., a MERO ČR, a. s.

Úvod

České plynárenství využívá přepravní potrubní sítě v celkové délce přes 33 tis. km. Z toho je 14 tis. km dálkových a tranzitních plynovodů a 19 tis. km místních plynovodních sítí [2]. Pro rozvod plynu se zejména v poslední době široce využívá potrubí z polyetylénu. Pro dálkové plynovody však nepřichází v úvahu, protože je omezeno rozměry a použitým tlakem. Běžně používané izolované ocelové potrubí uložené v zemi však s sebou nese mimo jiné velmi závažný problém, kterým je koroze kovů. Kovové materiály uložené v půdě mohou být napadány korozí z různých příčin. Fyzikální a chemické vlivy spojené s vlastnostmi půdy vyvolávají prostou půdní korozi. V zemi mohou téci elektrické proudy, jejichž působením dochází ke korozi uložených zařízení, označované jako koroze bludnými proudy. Za určitých podmínek může na povrchu kovu v půdě docházet i k rozvoji kolonií mikroorganismů, jejichž vliv se může projevit jako mikrobiální koroze. Přímé korozní ztráty přepočtené na podíl hrubého národního produktu se pohybují ve všech zemích kolem 4 % [2], z toho 10 až 15 % těchto přímých ztrát se týká potrubí uložených v zemi. Nepřímé ztráty, tj. následné, vyvolané primárním korozním problémem, jako jsou výpadky ve výrobě, ekologické havárie apod., jsou ještě několikrát vyšší než přímé ztráty.

Z těchto údajů vyplývá, že protikorozní ochrana potrubí má značný význam jak z hlediska ekonomického, tak (zejména u plynovodů) z hlediska bezpečnosti provozu. Aplikace protikorozní ochrany je sice nákladná, ale vzhledem k rychlé ekonomické návratnosti a v porovnání se škodami, které mohou při jejím zanedbání v důsledku koroze vznikat, jde jednoznačně o výhodné investice.

Princip protikorozní ochrany

Již v roce 1819 publikoval člen francouzské Akademie věd L. J. Thénard [1] předpoklad, že koroze je elektrochemický jev. V jeho pracích pokračovali Sir Humphrey Davy a jeho žák Michael Faraday, který v roce 1834 objevil kvantitativní závislost mezi korozními úbytky a elektrickým proudem. Při korozi kovů probíhají dvě reakce:

- anodická, při které dochází k rozpouštění kovu;
- katodická, nazývaná též depolarizační reakce, při níž se spotřebovávají elektrony vzniklé anodickou reakcí, a dochází tak k redukci okolního korozního prostředí.

Cílem protikorozní ochrany je minimalizovat ztráty vyvolávané korozí; jak ekonomické, tak ekologické. Z hlediska přívodu vnější energie ke chráněnému objektu rozlišujeme protikorozní ochranu:

- pasivní,
- aktivní.

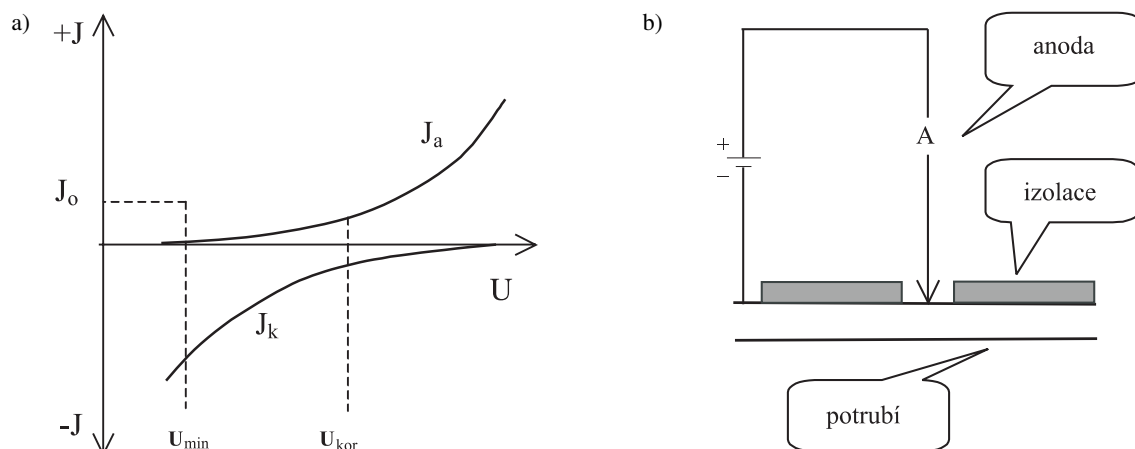
Korozní děje na potrubí nebo jiných zařízeních uložených v zemi mohou probíhat jen tehdy, má-li ke kovu přístup voda nebo kyslík. Při **pasivní ochraně** je prvotní snahou oddělit povrch kovu od okolního prostředí vhodným materiálem (izolací) tak, aby žádný z depolarizátorů neměl ke kovu přístup. Dále je možné využít i řadu organizačních opatření, která vedou k omezení koroze (volba trasy, způsob uložení potrubí, volba příslušenství apod.). U **aktivní ochrany** se vychází z toho, že korozní pochody jsou vyvolávány elektrochemickými reakcemi na povrchu kovu, tudíž je možné je jinými elektrochemickými reakcemi ovlivňovat. Podle polarizace rozlišujeme ochranu anodickou (chráněné zařízení je zapojeno jako anoda) a katodickou (jako katoda). Anodická ochrana se využívá převážně při ochraně vnitřních povrchů zařízení v některých chemických výrobcích, pro ochranu vnějších povrchů zařízení uložených v zemi je vhodná pouze katodická ochrana.

Princip katodické ochrany je znázorněn na *obr. 1*. Graf na *obr. 1a* znázorňuje průběh anodické (J_a) a katodické (J_k) proudové hustoty na potenciálu (U). Při hodnotě rovnovážného nebo také korozního potenciálu (U_{kor}) je J_a , která charakterizuje rozpouštění kovu, stejná jako J_k , jenž určuje vylučování kovu zpět z okolí. Snižováním napětí pod U_{kor} klesá hodnota J_a , a tedy korozní rozpouštění kovu. Cílem je snížit hodnotu U pod U_{kor} tak, aby koroze klesla pod technicky významnou, popř. přípustnou mez. Hodnotu potenciálu, při které je tohoto stavu dosaženo, označujeme jako minimální ochranný potenciál U_{min} . K tomu je třeba dodat proud z externího zdroje. Hodnota ochranného proudu odpovídající proudové hustotě J_o musí být vždy o něco větší než korozní proud odečtený z grafu na *obr. 1a* pro U_{min} . Schéma zapojení potrubí na katodickou ochranu je na *obr. 1b*. Vzorek, který chceme chránit, zapojíme na záporný pól stejnosměrného zdroje a vhodnou anodu na kladný pól, čímž můžeme katodicky chránit libovolné ocelové zařízení.

Na principu katodické ochrany pracují na trasách plynovodů zařízení nazývaná **stanice katodické ochrany** (SKAO), **elektrická polarizovaná drenáž** (EPD) a **saturáž** (kombinace EPD a SKAO).

Analýza systému protikorozní ochrany v plynárenství

Rozsáhlá plynárenská síť v ČR je z organizačních důvodů členěna na části podle topologického principu. V bývalých Českých plynárenských podnicích se těmto relativně samostatným částem říká trasy, v organizacích Transgas a MERO ČR se nazývají sledy. Každou trasu nebo sled tvoří několik linií (u dálkovodů typicky šest) potrubí. Na každé trase, resp. sledu, jsou rozmístěna zařízení protikorozní ochrany, a to jak aktivní (stanice katodické ochrany, drenáže, saturáže), tak pasivní (kapáky, propojovací objekty, izo-



Obr. 1. Princip katodické ochrany
a – potenciálový graf, b – schéma zapojení

lační spojky, chráničky atd.) [2]. Na každém zařízení se měří veličiny, které charakterizují stav ochrany proti korozi. Měření probíhá v různých intervalech (14 dní, měsíčně, čtvrtletně, ročně) v závislosti na typu zařízení a konkrétních veličinách. O každém měření se podle platných podnikových směrnic musí uchovávat protokol, který se jednou ročně doplňuje grafem ochranných veličin pro každou trasu nebo sled. Pro jednoznačnou identifikaci jsou trasy/sledy označeny číselnými kódy, každé zařízení na trase/sledu má přiřazeno staničení, což je vzdálenost od počátku trasy [km] nebo od počátku sledu [m]. Pokud je zařízení geodeticky zaměřeno, má čtyřmístné číslo bodu. Požadavky na databázi zařízení a měření sice nejsou v systému protikorozi ochrany jedině, jsou však důležité pro jeho správnou funkci. Databáze objektů na trasách musí být navržena tak, aby bylo možné:

- umísťovat nebo rušit zařízení v libovolném místě trasy/sledu;
- vložit několik zařízení na místo s totožným staničením v dané trase/sledu;
- v každém zařízení uchovávat veškeré informace, jejichž rozsah závisí na typu zařízení. Existuje celkem sto různých zařízení, která lze z hlediska datových atributů rozdělit do skupin:
 - a) stanice katodické ochrany (SKAO), řízená SKAO (ŘSKAO),
 - b) elektrická polarizovaná drenáž (EPD),
 - c) spojovací objekt (SO),
 - d) propojovací objekt s diodovým členem (PODOC),
 - e) propojovací objekt na vlastní zařízení (POA),
 - f) propojovací objekt na cizí zařízení (POB),
 - g) propojovací objekt s izolační spojkou (POIS),
 - h) propojovací objekt s chráničkou (POCH),
 - i) snímač potenciálu (P).

Každá skupina je v datovém modelu reprezentována stejnou množinou atributů. Z hlediska měřených veličin musíme ke skupinám a) až i) přiřadit ještě další skupiny, a to:

- j) kritický bod, tj. libovolné zařízení, u kterého končí dosah katodické ochrany (T);
- k) všechna zařízení kromě SKAO, ŘSKAO nebo EPD (X).

Smysl rozdělení spočívá v tom, že na zařízeních ve skupině a) až k) měříme v určité etapě (periodě, intervalu) stejné veličiny.

Každé zařízení na trasách/sledech lze charakterizovat některým z uvedených typů nebo kombinací těchto typů (např. propojovací objekt s izolační spojkou a chráničkou,

který je současně kritickým bodem (POISCH-T). Je třeba poznamenat, že některé kombinace jsou nereálné, např. SKAO+T nebo EPD+ŘSKAO. Některá zařízení sice neslouží pro protikorozi ochranu, ale je nutné je v systému registrovat, např. pro snadnou orientaci nebo přehled;

- evidovat zjištěné hodnoty na všech zařízeních v různých obdobích (měření čtrnáctidenní, měsíční, čtvrtletní, roční). Každá veličina je funkcí proměnných

$$V = f(E, Z), \quad (1)$$

kde V je měřená veličina;

E – etapa výčtového typu (14 dní, měsíc, čtvrtletí, rok);

Z – typ zařízení protikorozi ochrany – viz a) až k).

V současné době se používá řádově asi 200 až 300 různých veličin podle lokality tras nebo sledů a četnosti zařízení, která jsou na těchto liniích rozmístěna;

- zpětně vyhledat naměřené hodnoty na zařízení v trase, které v daném okamžiku již neexistuje (změna staničení, změna typu zařízení apod.);
- jednoduše restrukturizovat záznam v databázi zařízení a měření při dodatečných požadavcích na evidované položky (po změně struktury nesmí dojít ke ztrátě stávajících dat).

To jsou nejdůležitější požadavky na databázi zařízení a měření. Některé z dalších důležitých funkcí systému protikorozi ochrany jsou uvedeny v dalším odstavci.

Programové systémy GAS-ACOR a GASSERV

Myšlenka vytvořit systém pro automatizaci protikorozi ochrany vznikla koncem osmdesátých let. Na koncepci se podíleli Ing. S. Sedláček a autor tohoto článku [3]–[6] společně s pracovníky tehdejších Českých plynárenských podniků. Vycházelo se z bohatých zkušeností korozních techniků všech zainteresovaných podniků v ČR i na Slovensku. Zvažovala se možnost využít dostupné programové systémy, např. dBASE, později MS Office, dostupné a ověřené praxí. Tyto systémy jsou však koncipovány univerzálně s bohatou nabídkou funkcí, což s sebou nese dva hlavní problémy:

- mnoho funkcí vede ke složitosti systému a jeho neefektivnímu využití (některé funkce by zůstaly nevyužity, jiné (chybějící) by se musely programovat vlastními silami ve vývojovém prostředí daného systému);

– složitost znamená zdlouhavé zaškolení obsluhy, která vzhledem k profesnímu zaměření nemá dostatečné zkušenosti s výpočetní technikou.

Po uvážení všech přínosů a nevýhod se autoři s kolektivem potenciálních uživatelů rozhodli pro vlastní řešení v jazyku Turbo Pascal, následně pak Borland Pascal. V letech 1990 až 1992 byly vytvořeny základní moduly programů GAS-ACOR (používá se v Českých plynárenských podnicích, od 1997 i v ČEPRO, a. s.) a GASSERV (v provozu v Transgas, a. s., od 1996 i v MERO ČR, a. s.). Oba systémy vycházejí ze stejné koncepce a mají k dispozici tyto skupiny funkcí:

■ **databáze** – kromě popsaných databází zařízení a měření je k dispozici i databáze poškození potrubí, dále databáze tras (GAS-ACOR), úseků, sledů a areálů (GASSERV) a databáze zemního odporu půdy (GASSERV pro MERO). Databáze tras, resp. sledů, slouží jako kontrolní číselníky k tomu, aby nebylo možné zadávat neexistující čísla tras, resp. sledů. Ke stejnému účelu se používá i číselník kódů zařízení;

■ **měření** – v této části programu můžeme prohlížet nebo editovat naměřené hodnoty veličin ve tvaru tabulek. K dispozici jsou nejen měření různého typu (měsíční, čtvrtletní, roční), ale současně lze sledovat až šest různých období na téže trase. Mezi důležité funkce systému patří i výstup naměřených veličin v podobě grafu ochranných veličin na obrazovku, tiskárnu a souřadnicový zapisovač. V grafu lze volitelně zobrazit:

- popis zařízení ve zkrácené formě;
- až šest různých křivek pro stejnou veličinu měřenou v různých obdobích;

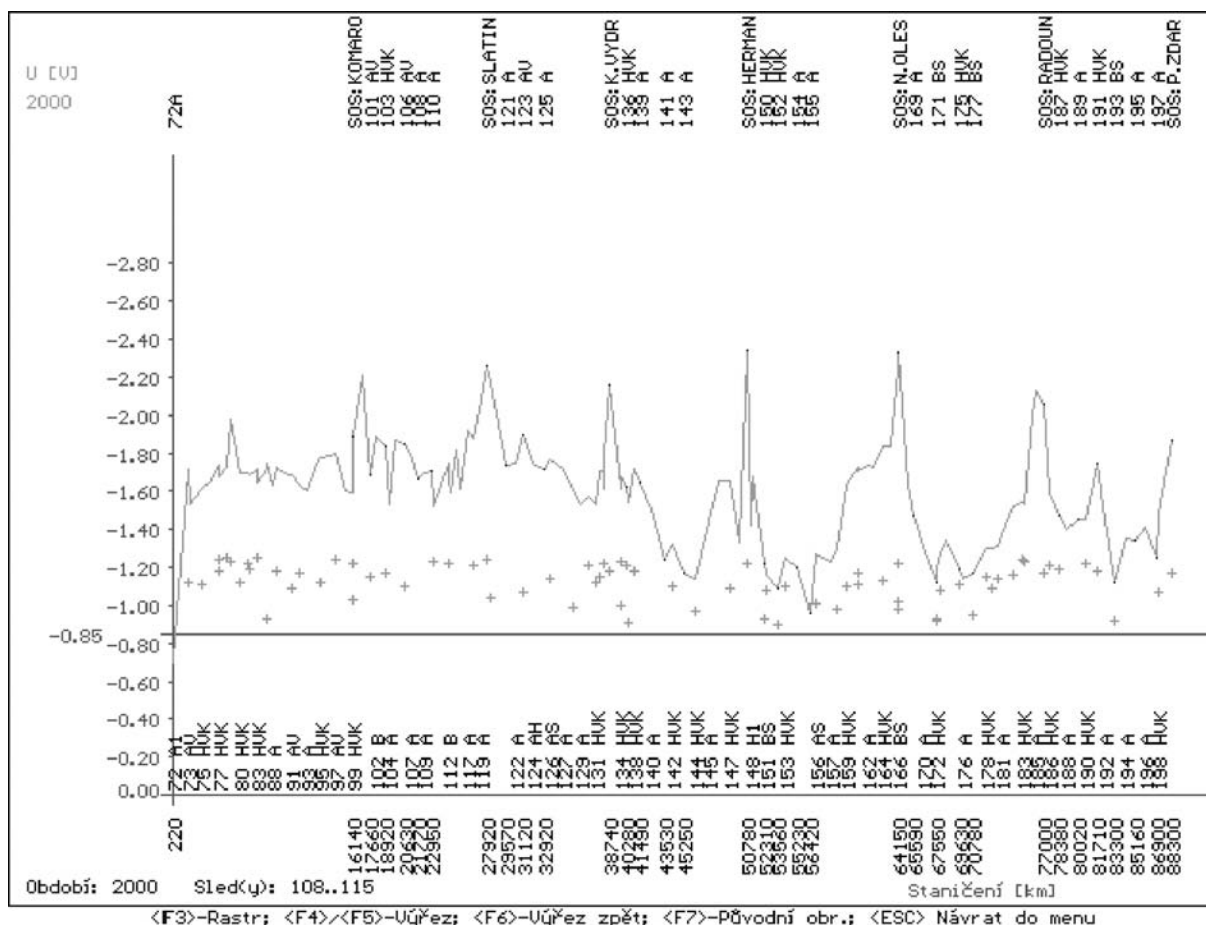
- křivky pro různé veličiny měřené ve stejném období pro danou trasu/sled;
- místa s porušenou izolací měřenu Pearsonovou metodou;
- pomocný rastr v horizontálním i vertikálním směru pro snadné odečítání hodnot na osách x i y ;
- body na sledech s vadami potrubí, které byly zjištěny inspekcí inteligentním ježkem (jen v systému GASSERV pro MERO).

Ukázka grafu ochranných veličin je na obr. 2. Naměřené hodnoty lze importovat nebo exportovat do kapesních počítačů typu Psion, BVComp nebo Casio, pomocí nichž se měří přímo v terénu. Důležitou funkcí systému je přenos měření mezi organizacemi ČEPRO a MERO, zajištěné speciálním převodníkem tras (ČEPRO) a sledů (MERO). Do tabulek měření jsou zabudovány filtry hodnot jednotlivých veličin i názvů zařízení s možností tisku;

■ **aplikace** – tato položka menu byla vytvořena speciálně pro potřeby uživatele, protože veškeré podřízené nabídky čerpá z textového editoru GACMENU.TXT. Pro každou položku v nabídkovém menu je v tomto souboru nutné zapsat:

- první řádek uvozený klíčovým slovem „Menu Item“ a za ním text položky;
- druhý řádek začíná klíčovým slovem „Menu Help“ s textem nápovědy;
- do třetího řádku se zapíše dávkový příkaz, který se má spustit při aktivaci dané položky.

Výhodou je, že podřízené menu si může každý vytvořit sám úpravou textového souboru GACMENU.TXT ve vhodném textovém editoru. Počet položek je omezen na sto.



Obr. 2. Graf ochranných veličin

Nastavené jsou volby:

- archivace měření se zadáním archivovaného roku,
- denní záloha dat na disketu nebo jiné médium,
- komunikace s kapesními počítači PSION, BVCOMP nebo CASIO,
- spuštění speciálního interpretačního programu pro zpracování příkazů dotazovacího jazyka SQL s nabídkou typických výběrových dotazů;

■ **výstupy** – po rozbalení se objeví nabídkové menu s položkami:

- výstup databází do formátu TXT a DBF,
- reorganizace dat všech databází,
- slučování databází z různých závodů;

■ **služby** – tato položka zahrnuje funkce:

- konfigurace a základní nastavení parametrů pro výstup na tiskárnu a souřadnicový zapisovač,
- spuštění externího textového editoru,
- odskok do operačního systému.

Závěr

Systémy GAS-ACOR i GASSERV jsou v provozu již více než deset let a průběžně se dopracovávají podle aktuálních požadavků uživatelů. Poslední úpravou systému bylo zavedení modulu v jazyku Borland Delphi pro univerzální tisk souborů i v síťovém prostředí. Autoři poskytují uživatelům pomoc jak formou horké linky, tak osobně návštěvou na pracovišti.

V letošním roce se pracuje na převodu GAS-ACOR ze systému MS-DOS do aplikace pro Windows. Zdrojové moduly jsou pořízeny v prostředí Borland Delphi. Zkušební provoz nového systému bude probíhat v Jihomoravské plynárenské, a. s. Zavedení systému GAS-ACOR do praxe

znamená proti původnímu ručnímu zpracování (ručnímu vkládání naměřených dat, kreslení grafů, tabulek apod.) značnou úsporu času a zvýšení efektivity protikorozní ochrany.

Literatura

- [1] Thénard, L. J.: Annales de Chimie et de Physique 11, 1819, p. 40.
- [2] Člupek, O. – Davidová, H.: Protikorozní ochrana. GAS, s. r. o., Praha, 1998, 141 s.
- [3] Sedláček, S. – Bartoněk, D.: GAS-ACOR. Uživatelská příručka. Brno, SHINE 1996.
- [4] Sedláček, S. – Bartoněk, D.: GASSERV. Uživatelská příručka. Brno, SHINE 1997.
- [5] Sedláček, S. – Bartoněk, D.: GASSERV pro MERO. Uživatelská příručka. Brno, SHINE 1998.
- [6] Sedláček, S. – Bartoněk, D.: GAS-ACOR pro ČEPRO. Uživatelská příručka. Brno, SHINE 1999.

Bartoněk, D.: Evaluation Systems of Anticorrosive Protection of Pipelines

Program systems GAS-ACOR and GASSERV made for periodical measurement processing within anticorrosive protection of pipelines are described in this paper.

Bartoněk, D.: Systeme zur Bewertung des Korrosionsschutzes von Rohrleitungen

In diesem Beitrag werden die Programmsysteme GAS-ACOR und GASSERV beschrieben, die zur Auswertung periodischer Messungen im Rahmen des Korrosionsschutzes von Rohrleitungen erarbeitet wurden.

VŠB TU Ostrava ve spolupráci s ÚTAM AV ČR Praha a Stavební fakultou TU Košice pořádají

IV. ročník celostátní konference se zahraniční účastí

SPOLEHLIVOST KONSTRUKCÍ posudek – poruchy – havárie

23. a 24. dubna 2003, Dům techniky Ostrava

Konference je zařazena do programu celoživotního vzdělávání ČKAIT.

Témata:

- výsledky mezinárodního kolokvia Euro-SiBRAM'2002 konaného v Praze v červnu 2002
- poznatky o spolehlivosti konstrukcí vyplývající z rozboru havárií, následků teroristických akcí a ze závěrů dlouhodobého sledování konstrukcí
- rozvoj a aplikace metod posuzování spolehlivosti konstrukcí a při uplatnění simulační techniky z hlediska aplikovatelnosti v projekční praxi
- studentské práce z oboru spolehlivosti konstrukcí

Zájemci o aktivní účast mohou zaslat své příspěvky vybavené podle pokynů uvedených na www.fast.vsb.cz/science/conf.htm do **15.3.2003** na adresu Ing. Martin Krejsa, PhD., martin.krejsa@vsb.cz. Podrobnosti sdělí garant akce prof. Ing. P. Marek, DrSc. (tel. 283 882 462) a doc. Ing. P. Janas, CSc. (tel. 597 321 308). Přihlášky k účasti přijímá DT Ostrava, spol. s.r.o., Mariánské náměstí 5, 709 28 Ostrava-Mariánské Hory (kontakt pí. K. Sommerová, tel. 596 625 441, 596 625 451).

Pořádající instituce zvou rovněž k aktivní spolupráci při přípravě druhého vydání knihy „Probabilistic Assessment of Structures using Monte Carlo Simulation. Basics, Exercises, Software“ a k řešení příkladu spolehlivosti rámu v souladu s informacemi na webovské stránce a se zadáním „Assignment“ (viz podrobnosti uvedené na stránkách www.noise.cz/SBRA a www.itam.cas.cz/SBRA (viz část „Second edition“ a „Vol. 2 – Assignment“).

Řídící procesy v navrhování technického díla, rozhodování, fraktály a „market bubbles“

doc. Ing. Václav BERAN, DrSc.
 ČVUT – Fakulta stavební
 Praha

Rozhodování o technicko-ekonomických řešeních při navrhování technického díla patří mezi náročné, ale málo propracované teoretické oblasti inženýrského přístupu k vytváření technického díla. Odborná veřejnost i technická praxe vesměs předpokládají, že prostor pro rozhodování je v rozumné míře spojitý. Navrhování technického díla navíc probíhá primárně na základě objemových parametrů (rozměrových, finančních, energetických). Pohled do odvozených vlastností k objemovým parametrům není vesměs aplikován, nebo je řešen intuitivně a verbálně. Předpoklad spojitosti a pominutí odvozených vlastností může vést k tomu, že přijatá rozhodnutí narážejí na robustní překážky při realizaci, a to často mimo dosah řešitele. Vznikají střety zájmů označované jako technickému dílu nadřazené. Autor se domnívá, že jádro věci spočívá již v tom, že rozhodovací úloha by měla být formulována jako fraktální rozhodovací problém, a předkládá ilustrační příklad pro jeden typ rozhodovacího kritéria použitého pro prostor čas a aplikační oblasti investičních řešení. Prostor řešení (rozhodování) pak má významně odlišné vlastnosti, než jaké řešitel předpokládá. Je to již formulace rozhodovacího kritéria, které silně ovlivňuje prostor, v němž se může řešitel pohybovat.

Technicko-ekonomické procesy jsou popisovány vesměs jako děje probíhající v čase. Většina takových dějů probíhá ve spojení s životním cyklem technického díla. Modely technicko-ekonomických dějů mají v klasické analytické formě ve svém deskriptivním pozadí nástroje maticového počtu, případně modely založené na kvantitativních vztazích využívajících diferenciální nebo diferenční počet. Existují i třídy modelů, které jsou založeny na modelech využívajících teorie grafů [8] symbolické logiky, ale i celulárních automatů [7], nebo symbolických verbálně orientovaných modelů.

Dosavadní modely pracují většinou s analytickou představou popisu kvantitativních nebo vybraných kvalitativních vztahů. Většina z nich však neobsahuje vestavěné rozhodovací mechanismy, resp. vazby na možné řídicí zásahy, které lze v modelu uplatnit. Mnoho modelů zůstává zcela izolováno od představy, že model může být předmětem opatření typu změn parametrů, nebo lépe řečeno cílených úprav struktury parametrů. Jinými slovy, řízení. Modely užívané v praxi omezují možné cíle a popisují téměř výhradně stávající skutečnost. Přístup připomíná statický výpočet, který má potvrdit stabilitu již existující konstrukce. S takovým přístupem se setkáváme při navrhování technických děl, při němž má ekonomický výpočet potvrdit, že (náklady na realizaci stavby, její roční výnosy, termíny realizace stavebních prací nebo jiné kvantitativní parametry) budou realizovány v určité objemové úrovni. Uvedené situa-

ce můžeme nazvat technicko-ekonomickým navrhováním *ex post*. Ekonomika takových situací je postupem, který potvrzuje, ale nevytváří. Navrhovat znamená vytvářet, ekonomika navrhování nových technických řešení by měla řešit a předjímat. Měla by se zabývat především propozicemi budoucích možných řešení, tedy *ex ante*. Vytvářet hodnoty, které je *Homo economicus* ochoten ocenit kupní cenou, která není otázkou módního zaměření, nýbrž filozofií schopnosti vytvářet **přidané hodnoty**. Reprodukovaná a opakovaná řešení, která jsou k dispozici v hromadném měřítku, mají klesající schopnost vytvářet přidané hodnoty, a tím ve svém důsledku zisk.

Na druhé straně *Homo technicus* se vesměs snaží prezentovat nejlepší technickou brilanci a provedení. Výsledek, který by bylo možné nazvat **optimální**, závisí ve většině úloh na celé sérii uplatňovaných rozhodnutí v čase a technicko-ekonomickém prostoru. Každé jednotlivé rozhodnutí (v jeho sekvenci) by mělo být voleno optimálně. Jde o nutnou podmínku optimálnosti v čase probíhajícího procesu.

Aplikovaná matematika nabízí své pohledy na třídění modelů (lineární, nelineární, statické, dynamické atd.). Ekonomika a organizace výrobních procesů používá další nástrojová vybavení. Již zřejmý pohled na aplikace teorie grafů, aplikace matematických modelů ve škále od základních lineárních modelů po komplikované dynamické chování nelineárních ekonomických procesů (s cykly rovnováhy a deterministickými chaotickými stavy) upozorňují na zajímavé ekonomické aplikace.

Inženýr i ekonom používající jednoduché modelové nástroje, jako jsou např. harmonogramy, rozpočty, kalkulační nebo finanční plány podniku, by měl umět začlenit tento aparát podle hierarchie jejich náročnosti, vhodnosti i užitečnosti. Svět ekonomických a sociálních věd obsahuje nesporně mnoho zajímavých pohledů a podnětů. Služba, kterou vykonává úseková ekonomika, spočívá v propojení obou náročných a složitých oblastí. Prostřednictvím modelů organizace a ekonomiky jsou do společnosti transformovány **užitné hodnoty**. Pokud je modelové vyjádření pojato správně, jsou transformace pozitivní. V opačném případě může docházet ke ztrátě hodnot, zdrojů i úsilí.

Cílem je dobrý model reality. Vystihující model. Model znázorňující, popisující právě ty vlastnosti, které mají rozhodující vliv na schopnost vytvořit novým návrhem přidanou hodnotu proti technicko-ekonomickému průměru standardních řešení. Ekonomika na rozdíl od technických věd prezentuje hodnoty do jisté míry pomíjivého zájmu. Hodnoty, které se mění, mizí v čase a jiné narůstají. Na jedné straně ekonomika vyžaduje popis univerzálních vlastností, na druhé straně mění své zájmy a cíle v čase. Je to v podstatě z významné části technické dílo, které vytváří **dlouhodobě udržitelné hodnoty** hospodářského cyklu každého regionu.

Ekonomické úlohy s technickým, organizačním nebo technologickým zaměřením mají podrobněji definované prvky (elementární aktivity, činnosti atd.), s nimiž pracují, než jaké mohou být definovány na základě jednotného taxativního postupu standardních modelů. Mnoho ekonomických úloh definuje své činnosti (prvky) zároveň s řešením

úlohy. Řešení a zvolená definice tvoří v ekonomických aplikacích vypovídající celek. Vhodnými ilustračními příklady pro uvedenou situaci byly a jsou různé aplikace výrobní přípravy v čase (metody CPM, MPM, RAMPS, dynamický harmonogram). Stejná je situace i v dalších technicko-ekonomických oblastech aplikujících kvantitativní metody, teorie zásob, teorie obnovy, strukturální analýza, teorie rozhodování. Vymezení rámce základních skladebných prvků (činností) stojí vždy u zrodu každé úlohy. Nicméně je každá aplikace již při zrodu právě v technicko-ekonomických disciplínách ohrožena nesprávnou nebo neúplnou definicí základních prvků nebo činností. U mnoha aplikací zjišťujeme, že při formulaci úlohy byly zaměněny vlastnosti objemových veličin a objemové veličiny samotné. Mnoho úloh nevytváří vnitřní zábrany proti tomu, aby byly interpretačně řešeny nesprávným způsobem. Uvedená nebezpečí jsou jistě obecně platná. Technicko-ekonomické úlohy však pracují zřídka s fyzickou formou úlohy. Ekonomický efekt lze doložit jen obtížně jiným kontrolním modelem. Ověření probíhá expertním způsobem. Zavlečené chyby lze často velmi špatně zjistit.

Za daných okolností bude žádoucí definovat nejen množiny aktivit (množiny činností), s nimiž pracujeme jako s (materiální) řízeným modelem (P), ale i struktury nástavbového (odvozeného) charakteru, tj. množinu řídicích modelů (L).

Definujeme navíc proces řízení (M) [3], [4]. Pro zjednodušení situace bude řídicí model popsán pouze v prostředí objemově diferencovaných prvků realizovaný na základě návazných procesů $P_i = \langle A, K \rangle$, kde A je množina prvků s jejich věcným popisem U, závislostmi v čase D a množinou závislostí objemového charakteru Q, K jsou vazby mezi prvky s jejich množinou věcného popisu V, konstrukcí vazeb Δ, spouštěčem vazeb ε.

V symbolické notaci pak jde o zápis procesu řízení (managementu) jako

$$M_N = \left\{ \begin{array}{l} M_i^N | M = \left[\langle \varphi(t, P, L) | D^- \rangle | K^- \right], \quad P = \langle A, K \rangle \\ A = \langle U, D, Q \rangle \\ K = \langle V, \Delta, \varepsilon \rangle \\ L = \langle \cdot \rangle \\ K^- = \langle V^-, \Delta^-, \varepsilon^- \rangle \\ D^- = \langle F^-, d(h) \rangle \end{array} \right\} \quad (1)$$

Proces řízení na úrovni návazného procesu M_i^N se realizuje, jsou-li vyčleněny a samostatně definovány rozhodovací postupy výběru variantních řešení možných řídicích zásahů $\varphi_j(t, P, L)$ pomocí definovaných rozhodovacích mechanismů D^- . **Rozhodování** je nutné k realizaci cílového zaměření. Bez něj by proces řízení mohl využívat pouze regulativní rozhodovací postupy D^- uvnitř $L_{(i)}$, jestliže by byl řídicí proces vybudován na dostatečně výkonné úrovni, tj. byl by na úrovni L_S (tzv. plánová úroveň). Nižší úrovně typu L_A (základní) a L_K (s kauzálními vztahy) neposkytují možnost zabránit přechodu řídicího procesu do degenerativních stavů. **Návazný proces řízení** je poměrně náročný na úroveň procesu řízení (managementu). Vyžaduje, aby řídicí proces nahrazoval prvky v reálném procesu, měnil účelně jejich uspořádání (působení), a zároveň vytvářel (kontroloval) model regulativní rozhodovací složky D^- . Rozhodovací složka systému řízení D^- je součástí modelu

řízení a v jeho rámci byla také vytvořena. Předpokládáme, že je pro alternativu modelu řízení stabilní a složka přenosu informací K^- je schopna uskutečnit v čase veškeré potřebné komunikační přenosy o řídicích zásazích a informacích pro potřebu řídicího modelu $L_{(i)}$.

Pokusme se odpovědět na několik dílčích otázek souvisejících se zápisem (1) z hlediska časově orientovaných rozhodovacích řetězců D^- . Ve stručnosti. Bylo by jistě zajímavé vědět, zda při navrhování technického díla mají **rozhodovací procesy** při svém uplatnění specifické **vlastnosti**. Je to důležité vědět zejména tehdy, hledáme-li **vysvětlení** a **příčiny** neočekávaného vývoje. Řada úspěšných či neúspěšných osudů technických děl **Homo economicus** či **Homo technicus** může mít příčinu mimo racionální vidění. Právě vlastnosti řídicího prostoru, jeho struktura v čase, mohou být tak speciální a pro aplikaci technického díla nehomogenní, že mohou neočekávaně narušit **životní cyklus** jeho **udržitelnosti**. Sekvence rozhodování v procesech řízení (zjednodušeně managementu) mohou mít pro realizaci jiná pravidla a prostor, než jak je dosud chápeme. Technická a ekonomická řešení pro tvorbu (navrhování) díla (objektu) pracují vesměs s časově brachiálním prostorem (pouze se zlomkem technické životnosti díla). Uplatnění navrhování má, a zde je důvod proč byl článek vůbec napsán, odlišná pravidla aplikace svých řešení (rozhodnutí) v procesech řízení, než jak je tomu v procesech řídicích nebo řízených.

Položme si několik zásadních otázek:

- Je prostor řídicích rozhodnutí homogenní?
- Ovlivňuje nehomogenost prostředí realizace rozhodnutí D^- proces řízení?
- Do jaké míry je rozhodnutí v časové vrstvě t_x ovlivněno předcházejícím rozhodnutím v jiných časových vrstvách?
- Do jaké míry bude rozhodnutí v časové vrstvě t_{x+n} ovlivněno rozhodnutím např. z vrstvy t_x .

Než se pokusíme odpovědět na tuto skupinu otázek, je třeba objasnit význam a smysl hledání odpovědi. **Homo economicus** či **technicus** v průběhu mnoha generací pracoval a cenoval¹⁾ technická řešení intuitivně. Dnes již vědomě je celý mechanismus výběrových řízení veřejných zakázek EU, US a celé řady dalších zemí založen na aplikaci mechanismů vycházejících z předpokladu homogenního rozhodovacího prostoru na bázi Bayesovy pravděpodobnostní teorie [11] aplikované pro technicko-ekonomické rozhodování ve druhé polovině minulého století [10].

Vědomě hledáme výkonnější postupy jak chránit rozhodnutí před nepříznivým hodnocením budoucích posuzovatelů pracujících s jasnými daty skutečností, které v průběhu užívání technického díla nezbytně nastanou. Na základě **znalostí** o modelu může řešitel vytvářet **řídicí opatření** (zásahy) volně ve smyslu (1), přesněji $\varphi(t, P, L)$.

Pro potřebu dalšího výkladu nebudeme rozlišovat mezi jednotlivými stupni náročnosti **reálných (P)** ani **řídicích procesů (L)**. Doplnění na úroveň modelu řízení jsme označili v předcházejícím textu jako **M. Nástroje** pro vytvoření řídicích zásahů $\varphi(t, P, L)$ mohou být bez nároků na stanovení realizační náročnosti koncipovány jako vyhledání:

- cílového řešení bez ohledu na omezující podmínky – označíme **goal**;
- řešení na základě simulace zvolených parametrů ve vytyčených mezích parametrizace – označíme **simul**;

¹⁾ Censor – ve starověkém Římě nejvyšší hospodářský a finanční úředník starající se o soupis majetku, sčítání lidu, veřejné stavby a státní dodávky a dozírající na mravy občanů.

- optimálních parametrů cílového řešení s ohledem na zadané omezující podmínky – označíme **optim**;
- řešení na základě věcné představy o budoucím řešení s jednotlivými etapovými kroky scénářů – označíme **scen**.

Není proto možné hovořit o jakési jediné třídě modelů pro řízení. Existuje jich mnoho, různé náročnosti, různé vypovídací schopnosti. Všechny mají za cíl proces **P**, na nějž se zaměřují. Mezi **první třídu** modelů zařadíme modely měnící cílovou hodnotu modelu **g (goal)** procesu **P**, prostřednictvím zvoleného parametru x_i

$$\mathbf{M}_{\text{cílově zaměřený}} = \left\{ \begin{array}{l} \mathbf{P} \quad (x_1, x_2, \dots, x_n) \\ \text{goal} \quad |x_i \end{array} \right\}. \quad (1a)$$

Druhým typem pro tvorbu řídicích zásahů jsou modely vycházející ze **simulačních** a **parametrizačních** propočtů změn jednotlivých vstupních hodnot. Simulace je vesměs orientována na chování modelu z hlediska změn parametrů popisujících proces **P**

$$\mathbf{M}_{\text{simulace řídicích zásahů}} = \left\{ \begin{array}{l} \mathbf{P} \quad (x_1, x_2, \dots, x_n) \\ \text{sim} \quad (x_i \leftrightarrow (a, b), x_j \leftrightarrow (c, d), \dots) \end{array} \right\}. \quad (1b)$$

Třetím typem jsou modely se scénářem řídicích zásahů. Scénářem budeme rozumět časovou nebo věcnou sekvenci opatření realizovaných na procesu **P**. Zapišeme ji jako

$$\mathbf{M}_{\text{scénářem řídicích zásahů}} = \left\{ \begin{array}{l} \mathbf{P} \quad (x_1, x_2, \dots, x_n) \\ \text{scen}_1 \quad (a \rightarrow x_i, b \rightarrow x_j, \dots) \\ \text{scen}_2 \quad (c \rightarrow x_i, d \rightarrow x_j, \dots) \\ \text{scen}_3 \quad (e \rightarrow x_i, f \rightarrow x_j, \dots) \end{array} \right\}. \quad (1c)$$

Čtvrtým typem jsou modely optimalizačního charakteru. Na základě optimalizační funkce **g(•)** jsou hledány nejjednodušší parametry x_i pro realizaci řídicích zásahů. Zapišeme jako

$$\mathbf{M}_{\text{optimalizace řídicích zásahů}} = \left\{ \begin{array}{l} \mathbf{P}(\bullet) \\ \text{optim_g}(\bullet) \end{array} \right\}. \quad (1d)$$

Praktické modelování řídicích zásahů nemá jednotný charakter a nespočívá na jediném teoretickém ani praktickém interim²⁾.

Základem modelu managementu zůstává *proces*. Jeho popis může nabývat nejrůznějších forem. Jistou dokonalou pedagogickou formou je jistě popis pomocí soustav rovnic (lineárních, nelineárních, obyčejných diferenciálních), jak je známe z matematiky. V ekonomické praxi existuje mnoho situací, při nichž se popis relevantních procesů v současnosti řeší pomocí dat a propočtů sestavených např. do datovýchází. Z matematického hlediska jde většinou o řídké soustavy lineárních rovnic. Jejich zápis v matematické notaci by však byl nepružný a jejich vypovídací schopnost z hlediska ekonomické interpretace malá. Rovněž tak v současné době uplatňované spojení mezi CAD a CAM je jednou z forem vztahu grafu a navazujících výpočtů (nejčastěji ekonomických), které popisují náročné procesy a nejsou bezprostředně prezentovány jako matematický model klasického pojetí.

V článku je učiněn pokus o zobecnění, které považuje za **proces** každou technicko-ekonomickou prezentaci reality a za **model** každé doplnění procesu o nadstavbu použitelnou k řízení takového procesu. V tomto smyslu je **management** jistě jedním ze směrů, který využívá **modelování** jako

nástroj. Předpoklad homogenních prostorů poskytujících výrobní zdroje a prostorů aplikace v čase procesů však může být značně zavádějící. Již v notaci (1) uvedený rozhodovací proces $\mathbf{D} = \langle \mathbf{F}, d(\mathbf{h}) \rangle$ užití v reálném procesu (návrhu reálného procesu), nebo $\mathbf{D}^* = \langle \mathbf{F}^*, d(\mathbf{h}) \rangle$ při užití pro řídicí procesy vyžaduje doplnění o homogennost prostoru, v němž může být řešení aplikováno. Nebylo by však správné vytvářet dojem, že je uskutečnitelné odpoutat se od existujícího matematického teoretického základu.

Příklad interpretace

Předpokládejme, že ve smyslu zápisu (1) existuje reálný výrobní nebo investiční proces, který se realizuje v tržním prostředí a produkuje objemové parametry Q_i (zde zaplnění vymezeného tržního prostoru produkcí). Abychom měli na mysli konkrétní situaci, předpokládejme, že jde o investora, jehož cílem je využívat ekonomický prostor poptávky po bytech v jednotlivých obdobích budoucího časového vývoje $t = 1, 2, \dots$ a jednotlivých oblastech A, B, C, \dots

Existující prostor poptávky v čase t_0 je vyplněn objemem výchozích investičních statků v A, B, C, \dots . Pro jednoduchost předpokládejme, že tržní prostor může být z hlediska objemového (Q_i) vyplněn s hodnotou 1, nebo nevyplněn s hodnotou 0. Můžeme psát, že rozhodnutí řídicí složky se realizují jako $A^0 = 1$, nebo $A^0 = 0$. Vektor výchozího stavu procesů $\mathbf{P}_{t=0}(A, B, C, \dots)$ můžeme zapsat jako vektor $(1, 1, 1, 1, 1, 1, \dots)$ tehdy, označuje-li zcela **vyplněný prostor potenciálních potřeb**, např. realizace investičních statků, jako jsou třeba bytové stavby. Vektor výchozího stavu procesů $\mathbf{P}_{t=0} = (0, 0, 0, 0, 0, 0, \dots)$ označuje zcela **prázdný prostor potenciálních potřeb** bytových staveb ve výchozím období. Předpokládejme, že **řídicí proces** je koncipován tak, že hodnotí situaci stavu v daném časovém období t a určuje realizaci nových investic tam, kde výsek z řetězce prostoru uplatnění investic z minulého období $(t - 1)$ v oblastech M, N, O nebyl

$$\mathbf{P}_{t-1} = (\dots, M^0 = 1, N^0 = \#, O^0 = 1, \dots),$$

nebo stručněji byl $\mathbf{P}_{t-1} = (\dots, 1, \#, 1, \dots)$, (2)

nebo

$$\mathbf{P}_{t-1} = (\dots, M^0 = 0, N^0 = \#, O^0 = 0, \dots),$$

nebo stručněji byl $\mathbf{P}_{t-1} = (\dots, 0, \#, 0, \dots)$, (2a)

kde # značí 0 nebo 1.

Pravidlo \mathbf{D}^* může být redukováno na výrok, platí-li v řídicí procesů $\mathbf{P}(A, B, C, \dots)$ v předcházející časové vrstvě

$$P_{t-1}(A) = P_{t-1}(C), \quad (3)$$

pak

$$P_t(B) = 0 \quad (4)$$

ve všech ostatních případech platí

$$P_t(B) = 1. \quad (5)$$

Dále budeme uvedené rozhodovací pravidlo označovat jako $\mathbf{D}_{\alpha}^* = \alpha$.

Příklad rozhodovacího mechanismu \mathbf{D}^* [6]

Pro situace podle (2) a (2a) nebude řídicí proces pokládat \mathbf{P}_t za volný prostor pro realizaci investic v časovém období t (vloží 0). V opačném případě investice připustí (vloží 1). Jinými slovy, platí situace v *tab. 1* (řádky čas, sloupce

²⁾ zatímní řád

oblasti realizace). Pozitivní řešení (investor je ochoten investovat) nastane, platí-li, že **trh realizoval v minulém období investice částečně v sousedních prostorových segmentech** (v *tab. 1* označeno tučně, rozhodnutí investora, $\text{ano} = 1$).

Tab. 1

0	#	1	1	#	0
	1			1	

Bude-li platit pro následující časový krok, že **trh, popř. investor nebo konkurence, nerealizovala v předcházejícím období žádné investice v sousedních segmentech**, řešitel se rozhoduje rovněž negativně (*tab. 2*), a to bez ohledu na to, zda již do dané oblasti investoval.

Tab. 2

0	0	0	0	1	0
	0			0	

nebo

0	1	0	0	1	0
	0			0	

Jinými slovy, investuje tehdy, pokud nebylo již v okolí plně investováno, tj. za situace

$$(\dots, 0, \#, 1, \dots) \text{ nebo } (\dots, 1, \#, 0, \dots).$$

Implementace nového řešení na zcela neobsazeném trhu

Předpokládejme, že řešení, pro které se investor rozhoduje, je na neobsazeném trhu poptávky nové. Navíc, že prostor trhu nebude limitován okrajovými podmínkami v krátké budoucnosti odbytových možností ani limity vyčerpání trhu. Schematický propočet podle (3) až (5) je uveden v *tab. 3* (výsek z širšího výpočtu zaplnění trhu v čase – vertikální osa, výsek prostoru řídicích rozhodnutí odbytových příležitostí – horizontální osa).

Použité rozhodovací kritérium $D_{-\alpha=\alpha} = (F, d(\mathbf{h}))$ je kritériem o dvou dimenzích, jak bylo popsáno pomocí (3), (4), (5), kde F_1 zjišťuje, zda v uplynulém období proběhla akce vlevo od prostoru, a F_2 , zda proběhla akce vpravo od prostoru, v němž se řešitel nalézá. Metrika hodnocení je v daném případě 1 a 0.

Data řešení uvedené situace jsou graficky znázorněna na *obr. 1* (propočet proveden pomocí MS Excel). Pro přehlednost jsou jednotlivé prostory s hodnotou **ano** uvedeny tmavým orámovaným polem, prostory s hodnotou **ne** světlým neorámovaným polem. Ve smyslu zápisu (1) chápeme řešení tak, že prostor byl vyplněn aktivitou³⁾ s vlastnostmi $\langle U, \mathbf{D}, \mathbf{Q} \rangle$.

Interpretace

Interpretace výsledku v *tab. 3* nebo v *obr. 1* upozorňuje na několik zajímavých skutečností:

Tab. 3

Čas / Prostor		Prostor realizace řídicích rozhodnutí											
výchozí období	$t = 0$	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
následné rozhodnutí	$t = 1$	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0
	$t = 2$	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0
	$t = 3$	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0
	$t = 4$	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	$t = 5$	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0
	$t = 6$	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1
	$t = 7$	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
	$t = 8$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

³⁾ Aktivitou můžeme rozumět investiční činnost, realizaci zakázky apod.

■ Prostor akcí na základě rozhodovacího kritéria $D_{-\alpha=\alpha}$ není homogenní. Stojíme-li na vrcholu pyramidy (v časové řadě $t = 1$) a ve věcné řadě BW , jsou možnosti věcného rozvoje prvku P_{BW} v jeho časové řadě (sloupec v *tab. 3* nebo v *obr. 1*) značně předurčeny. Celý prostor budoucího rozvoje pro věcnou řadu BW vytváří v čase prázdnou množinu. Jinými slovy, nové technické řešení nevytvoří nosnou investiční příležitost, je v počátečním stadiu využíváno ve směs v souvisejících oborech. Disperze v čase má svá pravidla a vlastnosti šíření.

■ V prostoru disperze řešení v řadách jiných investičních akcí jako celku se na základě aplikace kritéria $D_{-\alpha=\alpha}$ vytváří relativně rozsáhlé prohibitivní prostory bez přípustnosti realizace akce. V ekonomické teorii se v posledních letech používá termín „**market bubble**“. V uvedené situaci můžeme hovořit o vytváření **bublin nepřipustnosti realizace akce**.

■ Každý prostor realizace aktivity může mít jinou životnost v čase. Sledujeme-li jednotlivé řady akcí ($A, B, C, \dots, M, N, O, \dots$), zjišťujeme, že mají různé předpoklady ekonomicky přežít. Investiční kroky, které zde zjednodušeně interpretujeme, mohou být životaschopné pouze tehdy, bude-li docházet k jejich obnově a budou poskytovat určitou minimální výtěžnost. V opačném případě je nutné počítat s ukončením životnosti akce.

■ Životnost aktivity v prostoru není dána pouze životním cyklem procesu $P(\bullet)$ nebo úrovní řídicího procesu $L(\bullet)$, je podmíněna rozhodovacím mechanismem platným pro prostor řízení D . Není obtížné prokázat, že téměř každé kritérium vytváří jiný fraktální prostor uplatnění rozhodnutí v čase a prostoru.

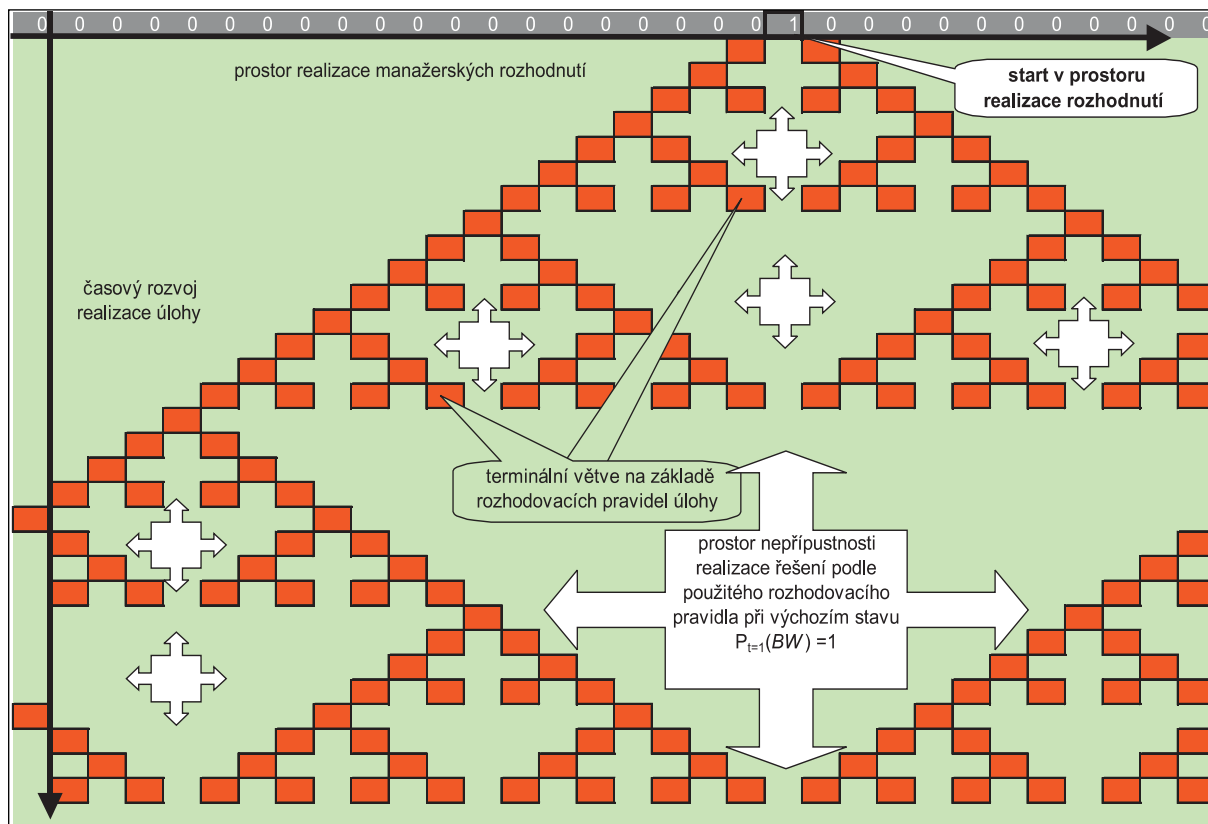
■ Rozhodnutí v některém z prostorů ($A, B, C, \dots, M, N, O, \dots$) v čase t ovlivní v budoucích obdobích rozšiřující se spektrum realizačních prostorů, v $t + 1$ jsou to tři realizační prostory, v $t + 2$ je to pět realizačních prostorů, v $t + 3$ je jich sedm (*obr. 1, tab. 3*).

■ Rozhodnutí v některém z prostorů ($A, B, C, \dots, M, N, O, \dots$) bylo ovlivněno situací z minulých období rozšiřujícím se spektrem realizovaných rozhodnutí – 3, 5, 7, ... , viz *obr. 2*.

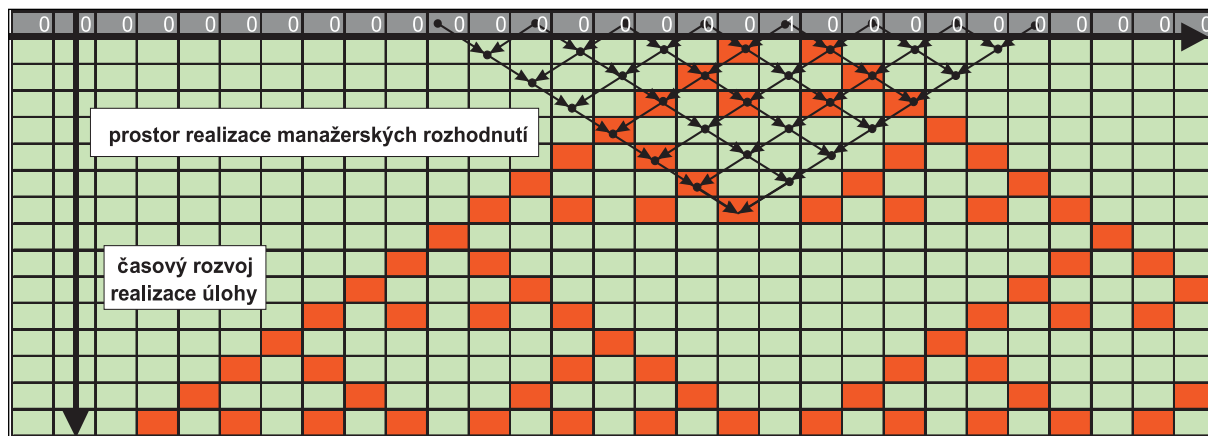
■ V prostoru nepřipustnosti akce podle kritéria D nemůže být spuštěn proces řízení M se stejným typem rozhodovacího mechanismu. Každý průnik rozhodovacích pravidel je novou rozhodovací úlohou a novým aplikačním příkladem vyplnění řídicího prostoru a času.

Implementace řešení na zcela neobsazený trh

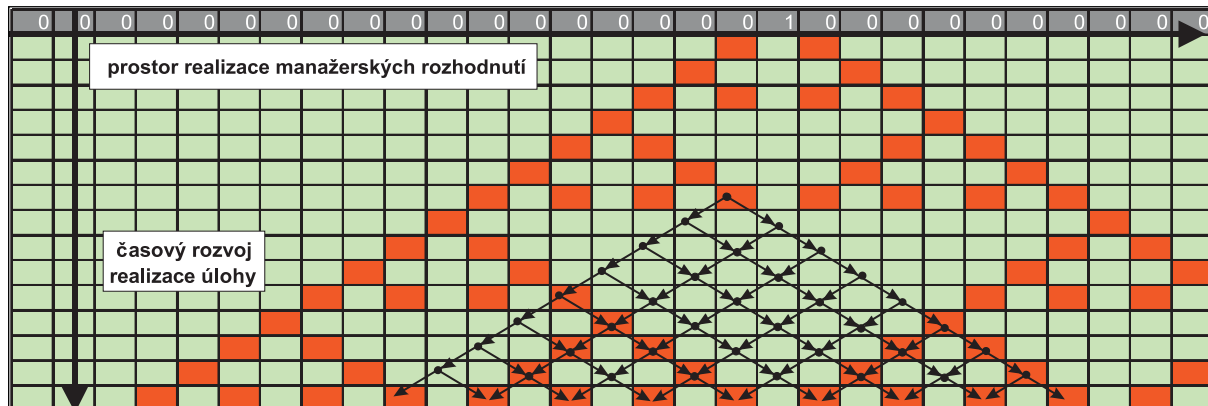
a) Prostor akcí $P(\bullet)$ v čase t jsme nazvali množinou ($A, B, C, \dots, M, N, O, \dots, X, \dots$), jestliže je taková množina plně



Obr. 1. Propočet vyplnění prostoru realizace řídicích rozhodnutí D^-



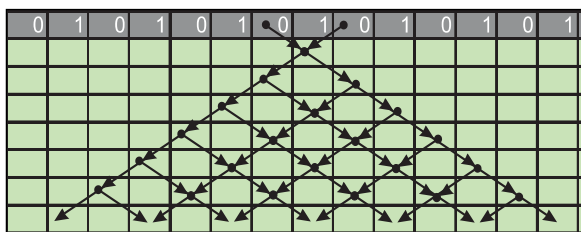
Obr. 2. Rozhodnutí, která budou ovlivňovat prvek v osmé časové vrstvě (koncentrace vlivů z předcházejících rozhodnutí)



Obr. 3. Difúze vlivů řídicího rozhodnutí na následné časové vrstvy a věčné řady

obsazena, tj. pro prostor akcí platí $(1, 1, 1, \dots, 1)$, neposkytuje možnost realizovat v daném prostoru další akce na základě kritéria $D^-_{\alpha=\alpha}$. Prostor realizace je prázdnou množinou.

b) Jestliže je prostor akcí $P(\bullet)$ v čase t obsazen z poloviny způsobem $(1, 0, 1, 0, \dots, 1)$, neposkytuje rovněž možnost v daném prostoru realizovat další akce na základě kritéria $D^-_{\alpha=\alpha}$.



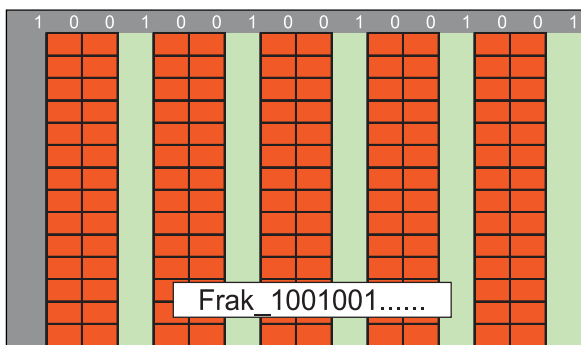
Obr. 4. Výchozí aktivity typu $(0, 1, 0, 1, 0, \dots)$ – řídicí prostor je při uplatnění kritéria $D^-_{\alpha=\alpha}$ prázdnou množinou

Trh obsazený z poloviny

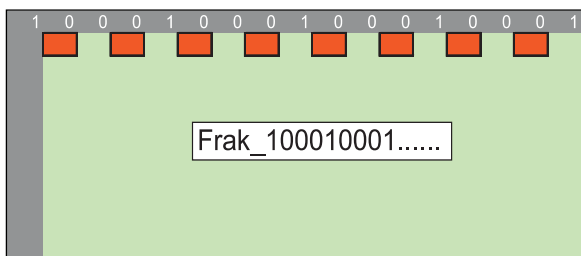
Tam, kde výchozí řídicí prostor představuje částečně zaplněnou množinu (různé silné konkurenční prostředí), je při uplatnění použitého rozhodovacího pravidla možné zjistit různé reakce zaplnění řídicího prostoru. Obrázek 4 znázorňuje data řídicího prostoru, který byl vyplněn z jedné poloviny, typ $(0, 1, 0, 1, 0, \dots)$.

Řídce obsazený řídicí prostor

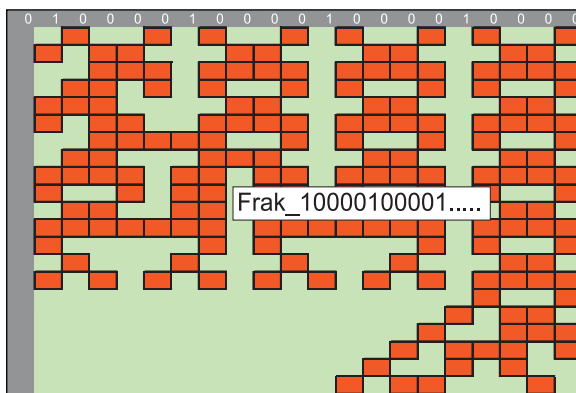
Příklady jiných typů prostorů přináší obr. 5, 6 a 7. Jejich rozbor, technicko-ekonomická interpretace by byla jistě zajímavá. Otevírá se zde zajímavá otázka, do jaké míry ovlivňuje řízení prostor, na němž se v technicko-ekonomické oblasti uskutečňuje. Bylo by nad rámec příspěvku zabývat se touto otázkou.



Obr. 5. Řídicí prostor s rozhodovacím pravidlem $D^-_{\alpha=\alpha}$ a výchozím prostorem $(1, 0, 0, 1, 0, 0, 1, \dots)$



Obr. 6. Řídicí prostor s rozhodovacím pravidlem $D^-_{\alpha=\alpha}$ a výchozím prostorem $(1, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 0, 1, \dots)$



Obr. 7. Řídicí prostor s rozhodovacím pravidlem $D^-_{\alpha=\alpha}$ a výchozím prostorem $(1, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 0, 1, \dots)$

Závěr

Teorie řízení technicko-ekonomických procesů vychází ve svých aplikacích velmi často z představy homogennosti prostoru, v němž se uskutečňuje. Rada technických i ekonomických návrhů je koncipována za předpokladu, že prostor realizace řídicích rozhodnutí je homogenní a pravidla, která platila v obdobných případech v minulosti, budou platit i v budoucích řešeních a návrzích. Cílem článku bylo takové přesvědčení zpochybnit a naznačit nové směry rozvoje disciplíny. Nejde o nic jiného než o zaměření úvah novým směrem. Po interpretacích modelů deterministického chaosu v řízení bylo nutné celou řadu partií z oblasti technicko-ekonomického managementu spatřovat v jiném světle [2], dokonce snad celou řadu pedagogicky skvělých jednoznačných tvrzení a partií učebnic upravit. V notaci (1), uvádějící rozhodovací proces pro výběr řídicích zásahů, byl použit zápis $D^- = \langle F^-, d(\mathbf{h}) \rangle$, ve smyslu textu příspěvku však by bylo žádoucí jej revidovat. Předpoklady o homogennosti rozhodovacího prostoru by měly provázet každý rozhodovací mechanismus. Výběrová řízení, havarijní rozhodnutí v závažných technicko-ekonomických projektech přináší nové a prakticky ověřené pochybnosti. Je však možné, že i v relativně brzké době bude třeba akceptovat další přístupy a změny představ. Aplikace fraktálů může být jedním ze zajímavých podnětů [1].

Příspěvek vznikl jako část výzkumného záměru „Management udržitelného rozvoje životního cyklu staveb, stavebních podniků a území“ MSM: 21000006 podporovaného MŠMT ČR. Ve výpočetní části čerpá z metodických podkladů vytvořených v rámci projektu „Harmonizace činností engineeringu s EU (metody navrhování, realizace a Live Cycle stavebních děl dle EN ISO)“ GA ČR.

Literatura

- [1] Mandelbrot–Benoit, B.: Die fraktale Geometrie der Natur. Basel, Boston, Berlin, Birkhäuser Verlag 1991.
- [2] Kubík, S. – Kotek, Z. – Razím, M. – Hrušák J. – Branžovský J.: Teorie automatického řízení II. Praha, SNTL 1982.
- [3] Beran, V.: Modelování v řízení 10. [Učební text], ČVUT Praha 1997.
- [4] Beran, V.: Modelování v řízení 20. [Učební text], ČVUT Praha 1999.
- [5] Tondl, L.: Hodnocení a hodnoty (Metodologické rozměry hodnocení). Praha, Filosofia AV ČR 1999.
- [6] Beran, V.: Proč v ekonomice neplatí $1 + 1 = 2$. [Přednáška], FSV ČVUT Praha 2000.

- [7] Wolfram, S.: A New Kind of Science. Champaign (IL), Amazon 2002.
 [8] Demel, J.: Teorie grafů. Praha, Academia 2002.
 [9] Beran, V. a kol.: Dynamický harmonogram, elektronické rozvrhování technicko-ekonomických procesů. Praha, Academia 2002.

- [10] Raiffa, H. – Schlaifer, R.: Applied Statistical Decision Theory. Cambridge, Harvard University Press 1961.
 [11] Bayes, T.: Essay Towards Solving a Problem in the Doctrine of Chances. Biometrika, Vol. 45, pp. 293–315.

Beran, V.: Management Processes in the Design of Engineering Structures, Decision Making, Fractals, and Market Bubbles

Making decisions on economic and technical issues in designing engineering structures belongs to demanding, but little investigated theoretical areas of the engineer's approach to the construction of engineering structures. Both the researchers and practising engineers assume the decision making space to be continuous. Besides, designing engineering structures is based on volume parameters (including the scope, finances, and electrical energy). The approach based on the relation of the derived (virtual) characteristics to volume parameters is not usually applied, or it is solved intuitively and verbally. The assumption of continuity while ignoring the derived characteristics can lead to situations when the adopted decisions encounter massive obstacles in the implementation phase. These may be beyond the problem solvers' power. Moreover, clashes of interest superior to the engineering structure may arise. The author of this article sees the core of the matter in the formulation of the decision making task. It should be formulated as a fractal decision making problem. The author presents an illustrative example of one decision making criterion applied to the (2D) space of time and application areas of investment solutions. The space of decision making has significantly different characteristics from those anticipated by the decision maker. It is the formulation of the decision making criterion that strongly influences the space in which the decision maker can operate.

Beran, V.: Leitungsprozesse beim Entwurf eines technischen Werks, Entscheidungsfindung, Fraktale und „Market bubbles“

Die Entscheidungsfindung für wirtschaftlich-technische Lösungen beim Entwurf eines technischen Werks gehört zu den anspruchsvollen, aber gleichzeitig wenig durchgearbeiteten theoretischen Gebieten des ingenieurmäßigen Herangehens an die Schaffung eines technischen Werks. Die fachliche Öffentlichkeit und technische Praxis gehen durchweg davon aus, dass der Raum für die Entscheidungsfindung in vernünftigen Maße verbunden ist. Der Entwurf eines technischen Werks verläuft darüber hinaus primär auf der Grundlage von Volumenparametern (maßlichen, finanziellen und energetischen). Ein Einblick in abgeleitete Eigenschaften zu den Volumenparametern wird in der Regel nicht angewandt oder intuitiv und verbal gelöst. Die Voraussetzung der Verbundenheit und die Vernachlässigung der abgeleiteten Eigenschaften kann dazu führen, dass getroffene Entscheidungen bei der Realisierung auf massive Hindernisse treffen, und zwar oft außerhalb der üblichen Reichweite des Planers. Es entstehen Interessenkonflikte, die als dem technischen Werk übergeordnet gekennzeichnet werden. Der Autor vermutet, dass der Kern der Angelegenheit bereits darin besteht, dass die Formulierung der Entscheidungsaufgabe als fraktales Entscheidungsproblem formuliert werden sollte, und legt ein illustriertes Beispiel für einen Typ eines für den Bereich Zeit und Anwendungsgebiete von Investitionslösungen angewandten Kriteriums vor. Der Bereich der Lösung (Entscheidung) hat dann bedeutend andere Eigenschaften, als sie der Planer vorausgesetzt hatte. Dies ist bereits die Formulierung eines Entscheidungskriteriums, das den Bereich, in dem sich der Planer bewegen kann, stark beeinflusst.

České inženýrské stavby

Pavlík, M.

Prostor – architektura, interiér, design, o. p. s., Praha, 2002, 164 s., 140 fotografií, 70 plánů a 7 map

Koncem listopadu loňského roku byla v prostorách Petřínské rozhledny za přítomnosti odborníků mnoha stavebních oborů pokřtěna u nás dosud nevydaná publikace, jejímž cílem je zprostředkování a přiblížení aktuální situace a vývoje oboru především širší veřejnosti, zdokumentování staveb realizovaných po roce 1990 a jejich začlenění do historických souvislostí vývoje českého inženýrského stavitelství. Výběr místa pro takovou událost nebyl náhodný, navazoval na znovuoživení této technické památky po rekonstrukci a její zařazení mezi díla uváděná v publikaci.

Publikace je členěna do tří hlavních bloků. Stručná úvodní retrospektiva představuje typologicky a ve zkratce české inženýrské stavitelství od devatenáctého století po současnost. V hlavní kapitole jsou slovem i obrazem dokumentovány 22 typologicky rozmanité stavby (dopravní, mostní, technologické, vodohospodářské, sportovní) českých autorů v ČR i v zahraničí, které byly realizovány po roce 1990. Poslední částí knihy je kapitola faktografická, v níž jsou uvedeny medailony autorů jednotlivých staveb, přehled významných událostí v oboru, vydaná literatura po roce 1990 a instituce, které v oboru působí (odborné školy, výzkumné ústavy, nevládní instituce).

Knihu vydala nezisková společnost Prostor, jejímž posláním je upozorňovat na zajímavá řešení v oblasti stavitelství, architektury a designu s důrazem na práce současných českých autorů. Hlavní náplní činnosti je vydávání česko-anglických publikací, především ročenky české architektury.

Základní poznatky o řešení regenerace „brownfields“ v zahraničí

Ing. arch. Jana PLETNICKÁ
VŠB TU – Fakulta stavební
Ostrava

V souvislosti s restrukturalizací ekonomiky zemí střední a východní Evropy dochází i u nás k uvolňování území, která byla dosud využívána k průmyslové činnosti. Tyto plochy, v mezinárodní terminologii označované jako „brownfields“, představují z hlediska vývoje skrytý a dosud nezhodnocený potenciál, neboť se často v důsledku historického vývoje měst a obcí nacházejí v blízkosti cenných území, významných pro zajištění městských funkcí.

Jejich efektivnímu využití brání především vysoké náklady na odstranění následků předchozí činnosti (kontaminace půdy, opuštěné stavby a technologie), nevyjasněné vlastnické a majetkoprávní vztahy, a především absence ekonomicky proveditelných projektů atraktivních pro domácí a zahraniční investory. Je zde nebezpečí, že neřešený rozpor mezi potenciálními možnostmi rozvoje a ekonomickou realitou může na dlouhou dobu vývoj těchto nevyužívaných území zmrazit a v důsledku vést ke snahám zajistit městské funkce i nové plochy jiným, zejména extenzivním rozvojem. Tento pak směřuje do okrajových částí města a do okolní krajiny, přičemž devastace degradovaných lokalit pokračuje. Zatímco historický, politický a hospodářský vývoj v zemích západní Evropy, a zejména v USA, směřoval již po druhé světové válce k postupné restrukturalizaci těžkého průmyslu a těžby energetických surovin, v zemích střední a východní Evropy se tento problém dostává do popředí teprve v současnosti.

Předmětem zkoumání této studie byly proto zejména zkušenosti z v evropských členských zemí OECD (Organizace pro ekonomickou spolupráci a rozvoj) a z USA. Zdrojem poznatků o regeneraci „brownfields“ bylo studium originální odborné literatury, aktuální webové stránky internetu, sborníky z mezinárodních konferencí zabývajících se danou problematikou a workshopy z let 1998 až 2002.

Hodnocení poznatků

Konkrétní příklady progresivních postupů regenerace areálů opuštěných po průmyslové nebo hornické činnosti ze zemí Visegrádské čtyřky nejsou v současné době známy. Zdrojem informací tedy byl přístup k dané oblasti problémů a způsob jejich nového využití v zemích, kde restrukturalizace průmyslu již řadu let probíhá. Zjištěné poznatky nannoze ukazují, že vytvoření akceschopného systému na základě jednotné, obecně platné metodologie pro postup regenerace je velmi problematické vzhledem k velké různorodosti a obtížné porovnatelnosti jednotlivých případů. To potvrdila i vlastní zkušenost z průběhu workshopů, které byly k dané problematice uspořádány (Ostrava – Dolní Vítkovice 1998, Brno – Maloměřice 2000, Ostrava –

Hrušov 2000 a Ambridge u Pittsburghu, USA, 2001). Rozdíly jsou zejména v legislativních podmínkách, finanční a daňové politice, v systému a způsobech získávání dotací, ve vztazích veřejného a soukromého kapitálu, ale také ve formě zapojení veřejnosti do řešení problému obce.

Většina členských zemí OECD získala během uplynulých dvou dekad značné zkušenosti v nápravě škod a obnově „brownfields“, především v kontextu národní environmentální politiky. Opomíjení a zanedbávání jejich renovace nepříznivě ovlivňuje kvalitu životního prostředí, má nepříznivý vliv na společnost i na investory a omezuje způsobilost obcí zvládnout ekonomickou transformaci. Oblasti „brownfields“ se stávají přetrvávajícím problémem, který nelze vyřešit pouhou modernizací zastavěného území. Dostupné údaje a podklady, poskytující poznatky využitelné pro oblast regenerací těchto degradovaných území v podmínkách postkomunistických zemí střední Evropy, byly pro daný účel porovnávány zejména z hlediska:

- přístupů k odstraňování ekologických rizik,
- způsobů a forem regenerace,
- atraktivnosti opuštěné plochy pro potenciálního investora.

Odstraňování ekologických rizik dekontaminací území

Jedním z podkladů pro rozbor v této části studie byla zpráva o problematice městských „brownfields“ v členských zemích OECD z roku 2001. Jsou v ní zahrnuty příklady různých přístupů k odstraňování ekologických rizik podle dosavadní praxe v členských zemích.

Na příkladu **Walesu** je poučné zejména to, že se odstranění těchto rizik pokládá za podstatu celého procesu revitalizace prostředí. Cílem regenerace je nové začlenění lokality do krajiny a místní urbanistické struktury spolu s vytvořením nových pracovních míst a vznikem nových zón. Systém revitalizace řízený Rozvojovou agenturou Walesu (WDA) je založen na národním revitalizačním programu, do něhož jsou zařazovány lokality se 100% krytím finančních nákladů z prostředků státního rozpočtu, a zároveň je požadováno, aby dotčené pozemky byly převedeny do vlastnictví obce. Soukromý vlastník pozemku může získat grant ve výši 80 % nutných nákladů. Současně se vytváří fond specializovaných multidisciplinárních odborností v oboru revitalizace „brownfields“, který je zdrojem know-how, a zároveň zdrojem zisků v hospodářství Walesu.

V **USA** existuje celý systém federálních a státních podpor, např. Land Recycling Program může mít různou strukturu a podobu v jednotlivých státech, pouze systém federálních podpor je jednotný. Každoročně probíhají volně přístupné National „Brownfields“ Conference pod záštitou Agentury pro ochranu životního prostředí (US EPA), které nabízejí výměnu zkušeností z úspěšných realizací, projektů a různých forem financování revitalizačních programů. Jejich součástí jsou prezentace a nabídky firem činných v oblastech inženýrské a projektové přípravy i realizace, ale zejména firem specializovaných na odstraňování ekologických závad. Národní asociace pro problematiku „brownfields“ (NBA) vydává odborný časopis průběžně informu-

jící odbornou i laickou veřejnost o aktualitách souvisejících s programy regenerací. Ve státě Pensylvánie se např. v období let 1995 až 2000 uskutečnily regenerace 697 lokalit s vytvořením více než 20 tis. pracovních míst. Příkladem spolupráce univerzit s praxí bylo vytvoření The „Brownfields“ Center mezi univerzitami Carnegie Mellon a University of Pittsburgh.

V Německu a Nizozemí existuje silné environmentální uvědomění, které přispělo k přijetí legislativy napomáhající řešení problému integrujícím způsobem. Například německý federální zákon o ochraně půdy z roku 1998 prosazuje potřebu obnovy kontaminované půdy, čímž významně přispívá k uvolnění tlaku na rozvoj dosud nezastavěných území (zelených ploch). Z dosavadní praxe členských zemí OECD vyplývá potřeba dynamického shromažďování dat o kontaminovaných územích a opouštěných plochách v městském zastavěném území. Pro ilustraci slouží *tab. 1*. Údaje a ukazatele pro jednotná porovnání zatím však nejsou sjednocena natolik, aby mohla být použita pro obecnou praxi.

Způsoby a formy regenerace

Pro úspěšnou regeneraci území je velmi důležitý výběr vhodného účelu nového využití. Americké zkušenosti např. zdůrazňují nezbytnost technické infrastruktury v lokalitě jako první podmínku pro možné produkční a komerční využití a důkladnou znalost lokálních kulturních a historických tradic pro úspěšnou funkci kulturních a uměleckých aktivit v regenerovaném území.

Zkušenosti z Velké Británie varují před upřednostněním zejména komerčních investic přinášejících okamžitý, ale krátkodobý zisk, které pak v nedalekém výhledu hrozí novým „brownfieldem“. Zde se naopak doporučuje respektovat záměry územního plánu, který představuje veřejný zájem ve využití území. Příklad z Birminghamu se zabývá problémem integrace revitalizovaného území do existující urbanistické struktury. Pro regeneraci vnitroměstských nesourodě vznikajících opuštěných ploch jsou doporučovány za účelem zlepšení celkové urbanistické struktury města tzv. Urban Villages, což je označení pro aktuální formu trvale udržitelného rozvoje měst založenou na humánním měřítku zástavby s vyváženou kombinací funkcí (Image Villages).

Z Německa jsou známé příklady rekonverzí průmyslových aglomerací v oblastech Porýní a Porúří, kde jsou rozsáhlá území revitalizována ve prospěch kvality životního

prostředí. Tento proces je založen na všestranné komplexní projektové přípravě postupné regenerace nebo obnovy krajiny a sídelní struktury včetně nových aktivit veřejného i soukromého sektoru. Příklady revitalizace prostoru říčních břehů degradovaných průmyslovými provozy, zejména ocelárnami, jsou známy např. z Pittsburghu, podél řek Allegheny, Monongahely a Ohia. Za všechny ostatní slouží jako příklad regenerace „brownfield“ říčního ostrova na atraktivní obytnou čtvrť se sportovním komplexem a loděnicí „Washington's Landing“. Existuje mnoho dalších příkladů úspěšných realizací, podmínky řešení, účel a způsoby využití území však jsou u každé lokality specifické.

V Nizozemí a Německu, ale už i ve Velké Británii a v USA, je důležitým politickým cílem posilování městských center, upevnění ekonomické a společenské základny a kvality životního prostředí měst, k čemuž recyklace půdy a regenerace zanedbaných území významně přispívá.

Atraktivnost opuštěných ploch v zastavěném území města

Zde úvodem prohlášení vyplývající z dlouhodobé zkušenosti s uplatňováním lokalit „brownfield“ na trhu s pozemky, prezentované v časopise The "Brownfields" News (USA): „Co je nejpodstatnější pro atraktivnost takového pozemku?“ – poloha lokality, poloha a zase poloha.

Z mnoha příkladů bylo možno vysledovat hlavní oblasti zájmu developerů při rozhodování o využití lokality:

- atraktivnost lokality a jejího zázemí;
- přesně definovaný stupeň a rozsah ekologické zátěže a způsoby financování dekontaminace;
- jasné způsoby financování celého projektu.

Analýza atraktivnosti využití „brownfields“ pro soukromého investora, zpracovaná na univerzitě v Louisville v USA pro posouzení využívání existujících forem tzv. veřejných intervencí ve prospěch podnikání ve sféře „brownfields“, prokazuje, že poskytování veřejných prostředků samo o sobě není pro soukromého investora dostatečnou motivací. Tuto skutečnost potvrzuje i systém revitalizačního programu Walesu, který v převážné míře uplatňuje 100 % krytí finančních nákladů pro lokality zařazené do národního programu. Granty soukromému sektoru podnikání ve výši 80 % nákladů jsou tak využívány spíše výjimečně, např. pro doplnění plochy stávajícího areálu.

Případová studie ze South Hampshire v Anglii zkoumá hlavní problémy nového využití opuštěných ploch. Zabývá se expanzí a recesí ve vývoji průmyslu, odkud vychází předpoklad cyklického uvolňování ploch následkem změn v technické základně a výrobní struktuře. Závěry této studie úzce souvisejí s poznatky výše uvedených příkladů a za podstatné překážky v často obtížném uplatnění lokalit „brownfields“ na trhu s pozemky jsou zde označeny:

- nevhodně situované plochy,
- plochy s nedostatečnou technickou infrastrukturou,
- neadekvátně oceněné pozemky,
- neúměrné požadavky ze strany úřadů (nevhodné regulační podmínky).

Další důležitou překážku představují podle této studie „zelené plochy“, které vytvářejí příznivější nabídku pro developery a tzv. předzásobením industriálního trhu objekty a prostorem. Stálým problémem pak je neadekvátní odezva trhu na potřeby rozvoje území. Dále je nutno vzít v úvahu, že rozvoj nevhodného pozemku se stává obtížným zejména v období recese a že zájem developerů je v podstatě nepředvídatelný.

Tab. 1. Kontaminované lokality vyžadující vyčištění *

Země	Odhadovaný počet míst	
	kontaminovaných	vyžadujících obnovu
Belgie/Lucembursko	20 000	5 000
Dánsko	7 000	2 000
Francie	100 000	20 000
Německo	200 000	50 000
Řecko	5 000	1 000
Irsko	1 000	200
Itálie	30 000	10 000
Nizozemí	110 000	30 000
Portugalsko	4 000	800
Španělsko	25 000	5 000
Velká Británie	100 000	30 000

* údaje z r. 1993

Rozbor nejčastějších problémů v mezinárodním kontextu

Na příkladech z mezinárodní diskuse o problémech regenerace „brownfields“, vedené mezi evropskými zeměmi a USA v rámci mezinárodního panelu každoročně pořádaných konferencí, postupně krystalizuje struktura společných problémů a otázek k řešení. Pro porovnání jsou dále uvedeny základní otázky z pohledu zúčastněných zemí.

● **Německo** ztrácí denně 120 ha zelených ploch za účelem investic pro nové bydlení a dopravní infrastrukturu. Každá obec má právo rozhodnout o využití svého území pro výrobní a komerční účely. Lokální kontrola nad místním přístupem k hospodaření opuštěnými plochami se stává kritickým faktorem v rozhodovacím procesu o využívání území. Za hlavní body jsou označovány:

- výrazná publicita problematiky „brownfields“ a dosažených úspěchů v oblasti regenerace;
- základní otázky procesu tvoří vždy životní prostředí a ekonomie;
- ekonomicko-sociální otázky je nejlépe řešit na úrovni federálních vládních programů;
- pro koordinaci plánování regenerací jsou nejlepší místní, popř. regionální nástroje;
- možnosti investování na „zelených plochách“ výrazně omezí schválený zákon na ochranu půdy.

● **Zákony v Dánsku** vyžadují vysoký stupeň koordinace plánování a využívání území. Každá obec má ze zákona povinnost zpracovaného aktuálního průzkumu stavu svého území. Ochrana životního prostředí legislativně zahrnuje pouze povinnosti vůči životnímu prostředí, nedává žádné podněty pro regenerace „brownfields“. Důležité stránky procesu:

- legislativa nově zahrnuje historický průzkum využívání území z hlediska ekologických rizik,
- je nutné vytvořit pobídkový systém pro angažování soukromého kapitálu,
- je nutné vytvořit všeobecně efektivní soubor nástrojů pro získání veřejné podpory problematiky regenerace „brownfields“.

● Za 25 let úsilí o využití „brownfields“ ve **Velké Británii** se podařilo úspěšně vyčistit a využít pouze kolem 800 ha území. Legislativa nyní ukládá místní samosprávě povinnost vytvořit registr kontaminovaných území. Provedení dekontaminace je zde požadováno na stupeň potřebný pro konkrétní účel regenerace. Za základní fakt poznání současného vývoje je považována skutečnost, že veškerý výrobní potenciál je orientován globálně a podléhá globálním tržním silám. Globální ekonomická realita přímo ovlivňuje projekty i realizace regenerací „brownfields“. Vytčené otázky k řešení:

- nutnost vytvoření podrobného výčtu opuštěných ploch;
- nutnost řešení sociálních otázek spojených s regenerací;
- partnerství s vedením místní samosprávy v procesu regenerací;
- pojištění podnikání v oblasti „brownfields“ je zásadní otázkou;
- globální efekt převládá nad lokální politikou;
- velké pozemkové holdingové trusty nereflktují na regulační programy;
- otázka schopnosti konkurence „zelená plocha“ versus „brownfield“.

● Federální systém podpory revitalizace území s nejtěžší kontaminací v **USA** je kritizován jako pomáhající záboru zelených ploch z důvodu vytváření překážek investování do „brownfields“. Série opatření vládní administrativy a US EPA, směřované do podpory iniciativy měst, regionů, států, neziskových a vzdělávacích institucí, napomáhá formou grantů uvolnění bariér pro investování do dekontaminací a regenerací devastovaných ploch. Tímto způsobem bylo dosaženo četných úspěchů, aniž by byl modifikován federální zákon. Jmenovité problémy k řešení:

- obrátit trend využívání „zelených ploch“ směrem k „brownfields“;
- uvědomit si ztracených 430 mil. akrů zemědělské půdy v posledních deseti letech;
- uvědomit si význam „zelených ploch“ pro životní prostředí;
- zvýšit lokální kontrolu tržních podnětů;
- průmyslově komerční formy regenerací jsou výzvou k řešení;
- zdokonalit finanční nástroje na základě nových a dokonalejších vztahů s finanční sférou a na základě nových tvořivých přístupů, např. lokalizace specifických hypoték.

Tyto poznatky, vyplývající z uvedené mezinárodní diskuse, jsou souhrnem podstatných námětů k řešení a usměrnění cílů, kterými je z hlediska regenerace území „brownfields“ nutno se nadále zabývat.

Stěžejní momenty procesu řešení regeneračních programů „brownfields“ vyplývající z mezinárodní diskuse:

- pochopení podstatné otázky životního prostředí a trvale udržitelného rozvoje;
- otázka zaměstnanosti v restrukturalizovaných oblastech;
- zapojení státního sektoru v oblasti koordinace programů, jejich financování a regulačních opatření.

Doporučení pro další vývoj

- vytvořit nástroje pro obrácení trendu rozvoje dovnitř městského území, pro uchování rekreačního potenciálu krajiny;
- standardy dekontaminace vyžadují širší mezinárodní diskusi (míra, stupeň pro konkrétní účel);
- rozsah změn globálních ekonomických aktivit ovlivňuje měřítko mezinárodní komunikace a vývoj využívání pozemků;
- nutnost publicity problematiky „brownfields“, zejména ve vztazích k politickému a soukromému sektoru;
- klíčová je podpora soukromého kapitálu pro investování do regenerací;
- jeví se potřeba koordinace různých úrovní řízení uvnitř země i v mezinárodním měřítku;
- je nezbytné mezinárodní fórum výměny zkušeností v oblasti ověřování správnosti strategií a nástrojů;
- jsou potřebné zdroje pro skutečnou kooperaci s dalšími zeměmi.

Závěr

Serióznost zájmu, který věnují problematice „brownfields“ vyspělé země světa, je zároveň výzvou pro urychlené zhodnocení situace ve využívání území v ekonomických podmínkách zemí střední Evropy, a to zejména v regionech postižených rekonverzí těžkého průmyslu a útlumem důlní činnosti.

Z rozborů uvedených v předchozím oddílu vyplývá, že obecnou problematiku regenerací degradované městské krajiny podstatnou měrou ovlivňuje rozpor v hodnotovém pojetí pozemku. Degradované pozemky, které jsou součástí městské struktury se všemi z toho vyplývajícími výhodami včetně polohy, jsou problémové, tudíž drahé, zatímco plocha na „zelené louce“, jejíž potřebné zainvestování může představovat i závažnou újmu životnímu prostředí, je investory z ekonomického hlediska stále ještě upřednostňována.

Tento stav je dán nedostatečným oceněním skutečné hodnoty pozemku ve volné krajině proti pozemku, který již byl jednou zainvestován, a má tudíž mít pro daný účel prioritu. Jeví se jako nejvýše potřebné vytvořit příslušný ekonomický nástroj, který by cenu pozemku ve volné krajině patřičně navýšil z hlediska ohodnocení všech složek životního prostředí a trvale udržitelného rozvoje území. V Německu např. představuje zábor nových ploch pro stavební investice denně 120 ha půdy, přičemž současný rozsah „brownfields“ stále ještě činí 128 tis. ha. Federální agentura pro ochranu životního prostředí v Německu navrhuje nástroj ochrany „greenfield“ (zelené louky) formou porovnávací metody prokazující na finanční bázi významné ekonomické ztráty způsobené právě nevyužitím „brownfields“.

Výzkumná práce americké agentury pro ochranu životního prostředí se v tomto smyslu zabývá problematikou nepříznivého vlivu rozšiřování stavebních investic na pozemky do volné krajiny, mimo kompaktní městskou zástavbu. Tyto investice pak dále prohlubují negativní vlivy na krajinu dalšími vynucenými investicemi do dopravní a technické infrastruktury, vyvolávajícími pokračující znečišťování vody, ovzduší a půdy. Tento stav je přičítán špatné pozemkové politice, při níž je hrubě podceňována hodnota pozemků ve volné krajině.

Při určitém zjednodušení můžeme tvrdit, že teprve za situace, kdy se do veřejného povědomí dostane tvrdá bariéra investicím na „zelené louce“, se stává regenerace degradovaných území prioritou zájmu státní, regionální, a především lokální investiční politiky.

Otázky, jak nalézt uspokojivé řešení zvýhodnění druhotného využití opuštěných ploch, jejich recyklace vůči současným trendům tzv. Urban Sprawl, tj. rozšiřování nových investic do volné krajiny, však nejsou dosud dořešeny.

Literatura

- [1] Sborník referátů konference „Brownfields“ 2000 – Atlantic City, a „Brownfields“ 2001 – Chicago.
- [2] Sborník referátů z konference AESOP. Brno, 2000.
- [3] Sborník referátů z konference AESOP, Volos, 2002.
- [4] Horáková, J. – Pletnická, J.: Revitalizace opuštěných průmyslových aglomerací. [Sborník], urbanistické sympozium „Město a region na prahu 3. tisíciletí“, Hradec Králové, 2000.
- [5] Výzkum metod regenerace devastovaných průmyslových ploch. Institucionální výzkum CEZ18, Ostrava, 2000.
- [6] OECD – Organization for Economic Co-Operation and Development, Territorial Development-Urban „Brownfields“ (poslední revize 29.10.2001), <http://www.oecd.org/oecd>.
- [7] „What is this Site about?“ (poslední revize 21.5.2002), <http://www.ecoregen.org/home/whd-site/main.html>.
- [8] „Brownfields“, The Business and Community Portal for Identifying (poslední revize 10.5.2001), <http://www.brownfields.com/newsletters/BF-051001.c>
- [9] Kuta, V.: Co-Operation among the Cities of Katowice, Košice, Miskolc and Ostrava. In: Booklet of Presentations V4 Opening Brownfield Revitalization Seminar, Ostrava, 2001, pp. 4–6.

Pletnická, J.: Brownfields-Regeneration Experience from Abroad

As a result of the restructuring economy of the Czech Republic and other countries of Central and Eastern Europe, new sites are available which have previously been used for industrial activities. Such areas, in the international terminology known as brownfields, are of hidden and not yet evaluated potential. The matter of research and evaluation here is the brownfields-regeneration experience from the OECD countries.

Pletnická, J.: Grundlegende Erkenntnisse über die Lösung der Regenerierung von „Brownfields“ im Ausland

Im Zusammenhang mit der Umgestaltung der Wirtschaft der Länder Mittel- und Osteuropas kommt es auch hier zur Freisetzung von Geländeflächen, die bislang für eine Industrietätigkeit genutzt wurden. Diese Flächen, die in der internationalen Terminologie als „Brownfields“ bezeichnet werden, stellen vom Gesichtspunkt der Stadtentwicklung ein verdecktes und bisher nicht bewertetes Potenzial dar. Gegenstand der Untersuchung und Bewertung waren hier gegenwärtige Erfahrungen bei der Regenerierung dieser Gebiete in den Mitgliedsländern der OECD.

Nejmodernější školský stravovací komplex v České republice

Koncem září minulého roku byla po rekonstrukci slavnostně zprovozněna nejstarší menza ČVUT na Strahově, původně určená pro spartakiádní cvičence. V průběhu prázdnin ji za 76 kalendářních dnů nákladem cca 160 mil. Kč zrekonstruovala IPS Skanska, a.s., odštěpený závod Stavební specializace.

Z původní budovy zbyl pouze obvodový plášť a část nosných konstrukcí. V zrekonstruovaném objektu vznikl největší výrobní a stravovací komplex ve školství s denní kapacitou přes 20 tis. jídel. Poprvé v tomto rozsahu v České republice je také použita nejmodernější technologie „chlazené stravy“. Tím bude menza schopna, asi jako jediná, dodržet nové hygienické předpisy pro přípravu hotových jídel (po uvaření musí být hotové jídlo vydáno nejpozději do tří hodin), a zároveň pokrýt stoupající nároky na studentské stravování.

Rekonstrukce byla mimořádná hned z několika důvodů. Kromě extrémně krátké dodací lhůty také náročností vnitřních technologií – vzduchotechniky, topení nebo elektroinstalací. Stavba probíhala v nepřetržitém provozu. Původně stanovený termín byl dodržen i přes to, že srpnové povodně den před plánovanou montáží zcela zničily v areálu výrobců připravená vzduchotechnická zařízení a některé segmenty výtahů. Ty musely být v rekordním čase vyrobeny znovu.

ČVUT u této stavby poprvé použilo vícezdrojové financování (část nákladů je hrazena dodavatelským úvěrem), což umožnilo akci realizovat zhruba o tři roky dříve, než budou prostředky školou vygenerovány.

Textová informace

Ověřování přesnosti statického měření aparatury pro určení polohy laserové stopy založené na jednoduché webové kameře

Ing. Martin ŠTRONER
doc. Ing. Jiří POSPÍŠIL, CSc.
ČVUT – Fakulta stavební
Praha

V článku je popsán postup ověřování a vyhodnocení zkoušky přesnosti statického měření polohy laserové stopy na stínítku ve svislém směru (analogie měření průhybů). Navazuje na předchozí práce o návrhu a kalibraci aparatury.

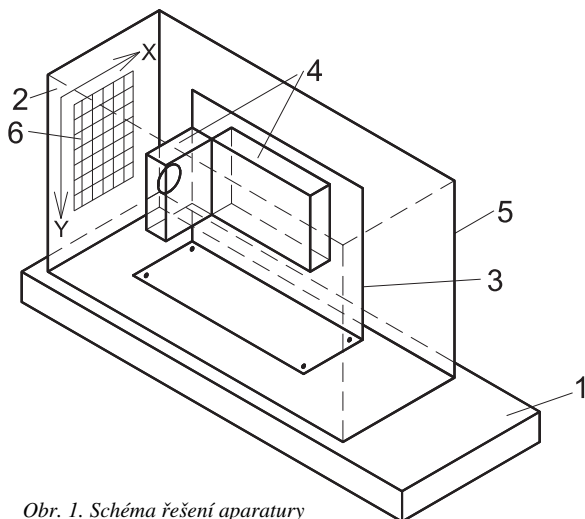
Úvod

V pracích [1], [2], [3] byl popsán návrh, kalibrace a možnosti využití aparatury pro určování polohy laserové stopy na stínítku na základě snímání obrazu jednoduchou digitální kamerou. Pro ověření přesnosti statického měření byl proveden experiment, jehož výsledky budou zde prezentovány.

Popis aparatury

Při konstrukci aparatury byla využita jednoduchá kamera Wideo Blaster Web Cam Go, osazená senzorem CMOS (Complementary Metal Oxid Semiconductor) s rozlišením 640×480 bodů. Tato kamera umožňuje snímat jednotlivé obrázky ve formátu DIB (Device Independent Bitmap) nebo snímat videosekvence, obojí v dalších komprimovaných formátech. Vzhledem k tomu, že pro měření jsou vhodná nekomprimovaná data, při pořizování videa je možné zhotovit maximálně dva snímky za sekundu (framerate). Vyššího počtu snímků lze dosáhnout pouze kompresí, která znehodnocuje měření. Pro vyhodnocení se využíval vlastní software. Schéma konstrukce aparatury je na obr. 1.

Základem je deska tl. 50 mm z průhledného plexiskla 1, která zajišťuje systému potřebnou tuhost a pevnost. Na ní je



Obr. 1. Schéma řešení aparatury

upevněno stínítko 2 složené ze dvou skleněných planparalelních desek, mezi nimiž je papírová vrstva zabraňující průchodu jiného viditelného záření než laserového svazku. Konzola 3 slouží k samotnému uchycení digitální kamery 4. Zde je třeba podotknout, že kamera je umístěna otočená o 90° proti normální pozici, protože obvyklejší jsou měření ve svislém směru, a zde je tedy požadován větší rozsah. Celá aparatura je „kapotována“ vnějším pláštěm 5 z hliníkového plechu, který zabraňuje přístupu slunečního svitu ke kameře, a tím usnadňuje vyhodnocení, protože mimo stopy laserového svazku je intenzita snímaného obrazu blízká nule. Pro kalibraci slouží matice vřícovacích bodů 6 připevněná na vnitřní straně stínítka.

Při měření lze základovou desku upevnit na pilířovou podložku, případně na stativ. K horizontování slouží čtyři stavěcí šrouby a příložitá trubcová libela, do budoucna se předpokládá umístění krabicové libely na základovou desku pro pohodlnější manipulaci. Efektivní plocha stínítka použitelná pro měření má rozměr 120×80 mm.

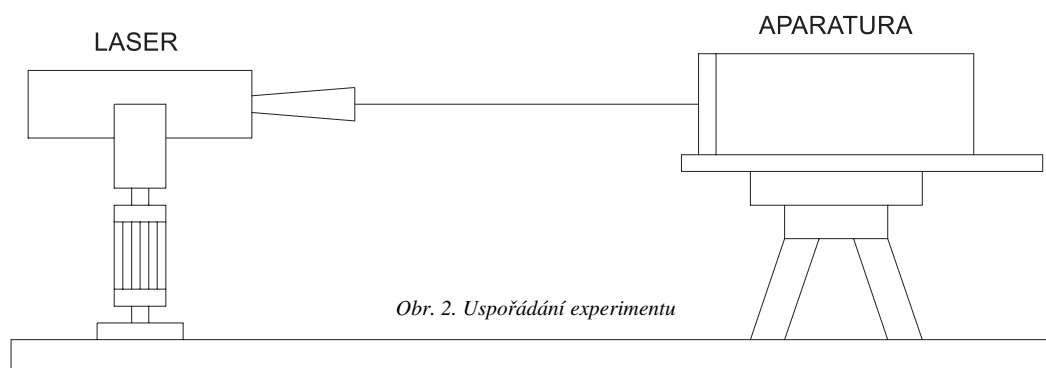
Uspořádání a průběh experimentu

Zdrojem laserového záření byl laser He-Ne (Tesla TKG 205) umístěný ve vzdálenosti 1,20 m od stínítka. Vzájemná vzdálenost laseru a stínítka potlačuje vliv refrakce. Vzhledem k hmotnosti laseru a aparatury a možnostem jejich upevnění byl laser připevněn na přípravku firmy Zeiss, který na principu mikrometrického šroubu umožňuje posun s přesností větší než 0,1 mm v rozsahu 50 mm. Schematický náčrt uspořádání experimentu je na obr. 2.

Při měření byla vždy nastavena výška laseru (přibližování cílové hodnotě vždy ze stejné strany pro vyloučení mrtvého chodu přípravku), následně sejmuto dvanáct snímků ve videosekvenci a nastavena nová výška. Vyhodnocení probíhalo pomocí software popsaného v [1] a [2]. Experiment byl rozdělen do tří částí simulujících různé typy měření, vždy byl krok změny výšky 5 mm. Na obrázku 3 je uveden postup realizace posunů v jednotlivých částech experimentu, v grafu je zobrazena na svislé ose výchylka v milimetrech, na vodorovné ose časová posloupnost měření.

Vyhodnocení a výsledky

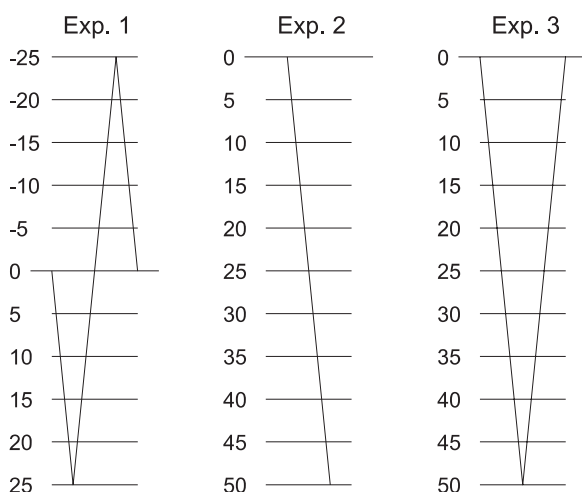
Každé měření jednoho statického stavu je tvořeno dvanácti měřeními. Při vyhodnocení byla vypočtena směrodatná odchylka jednoho měření s_1 (z opakování, popisuje vzájemné odchylky měření téhož), dále průměr z dvanácti opakovaných měření, který je měřením jednoho stavu a bude dále nazýván měřením. Rozdíl nastavených hodnot minus hodnot měřených dává skutečnou odchylku. Hodnoty maximální ϵ_{\max} , minimální ϵ_{\min} , průměrné ϵ_p a směrodatné odchylky s_m , charakterizující výsledky měření v jednotlivých experimentech, jsou uvedeny v tab. 1.



Obr. 2. Uspořádání experimentu

Tab. 1. Průměrné směrodatné odchylky

Část	n	s_1	ϵ_{\max}	ϵ_{\min}	ϵ_p	s_m
		[mm]				
1	21	0,02	0,24	-0,13	0,08	0,09
2	11	0,01	0,05	-0,31	0,16	0,19
3	21	0,02	0,21	-0,22	0,11	0,13



Obr. 3. Postup realizace posunů

Závěr

Při ověřování přesnosti statického měření aparatury jsme zjistili, že pokud je laserová stopa ve stejné poloze (při statickém měření to lze předpokládat pouze omezeně, vliv refrakce může způsobit kmitání laserového svazku), pak vzhledem k chybě s_1 není hospodárné zhotovovat více než tři snímky ve videosekvenci. Velikost směrodatné odchylky měření s_m odpovídá hodnotám zjištěným např. v [2]. Kontrast velikosti ϵ_{\max} , ϵ_{\min} a ϵ_p , s_m napovídá, že malý počet měření poskytuje výrazně horší přesnost. Lze předpokládat, že důvodem jsou výrobní nedostatky jednoduchého papírového stínítka, kvalita zpracování čipu CMOS a polynomičká transformace použitá při přepočtu pixelových hodnot na metrické.

Příspěvek byl vypracován v rámci výzkumného záměru ČVUT CEZ J04/98:21000022.

Literatura

- [1] Štroner, M. – Pospíšil, J.: Neměřická digitální kamera při dynamickém měření přetvoření. *Stavební obzor*, 10, 2001, č. 3, s. 84–88.
- [2] Štroner, M. – Pospíšil, J.: Aparatura pro detekci polohy laserového svazku. *Stavební obzor*, 11, 2002, č. 3, s. 93–96.
- [3] Štroner, M. – Pospíšil, J.: Využití digitální kamery při ověření modelů vlivu atmosféry. *Stavební obzor*, 11, 2002, č. 9, s. 283–285.

Štroner, M. – Pospíšil, J.: Testing of Accuracy of Static Measurement Equipment of a Simple Web Camera

This paper describes the process of testing and evaluating the test of accuracy of static measurement of the 2-D location of the laser track on the screen in a vertical direction (analogy of measuring deflections). The paper continues preceding articles on the design and calibration of the equipment.

Štroner, M. – Pospíšil, J.: Überprüfung der Genauigkeit der statischen Messung der Apparatur einer einfachen Web-Kamera

In der Arbeit wird ein Verfahren zur Überprüfung und Auswertung der Prüfung der statischen Messung der zweidimensionalen Lage der Laserspur auf dem Bildschirm in vertikaler Richtung beschrieben (Analogie der Messung der Bewegungen). Der Artikel knüpft an die vorhergehenden Arbeiten zum Entwurf und zur Kalibrierung der Apparatur an.

STAVEBNÍ OBZOR

ROČNÍK 12 ČÍSLO 2/2003

Navigace v dokumentu

OBSAH

Lenner, R. Vliv příčných náběhů desek na průhyby komorových mostů	33
Jiránek, M. – Svoboda, Z. Teplotní pole pod objekty s ventilačním systémem podloží	37
Drchalová, J. – Toman, J. – Černý, R. Vlhkostní parametry cementového kompozitu vyztuženého uhlíkovými vlákny	42
Bartoněk, D. Metodika tisku v grafickém režimu	45
Novák, J. Moderní optické metody měření vibrací v průmyslu – bodové techniky	49
Ficker, T. Glaserův kondenzační model	54
Štroner, M. Návrh a kalibrace měřicího systému tvořeného teodolitem a digitální kamerou	56
Bočková, K. Potenciál využití soudobých metod projektového řízení ve stavební firmě	61

2 • 2003

ročník 12

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

Lenner, R. Vliv příčných náběhů desek na průhyby komorových mostů	33
Jiránek, M. – Svoboda, Z. Teplotní pole pod objekty s ventilačním systémem podloží	37
Drchalová, J. – Toman, J. – Černý, R. Vlhkostní parametry cemen- tového kompozitu vyztuženého uhlíkovými vlákny	42
Bartoněk, D. Metodika tisku v grafickém režimu	45
Novák, J. Moderní optické metody měření vibrací v průmyslu – bodové techniky	49
Ficker, T. Glaserův kondenzační model	54
Štroner, M. Návrh a kalibrace měřicího systému tvořeného teodolitem a digitální kamerou	56
Bočková, K. Potenciál využití soudobých metod projektového řízení ve stavební firmě	61

CONTENTS

Lenner, R. The Effect of Thickness Variations of Box Girder Flanges on Bridge Deflections	33
Jiránek, M. – Svoboda, Z. Temperature Fields Below Structures with a Sub-Slab Ventilation System	37
Drchalová, J. – Toman, J. – Černý, R. Hygric Parameters of Carbon Fibre Reinforced Cement Composite	42
Bartoněk, D. Methods of Printing in the Graphical Format	45
Novák, J. Modern Optical Methods for Measuring of Vibrations in Industry – Point Techniques	49
Ficker, T. Glaser's Condensation Model	54
Štroner, M. Design and Calibration of a Measuring System Composed of the Theodolite and the Digital Camera	56
Bočková, K. Potential Application of Current Methods of Project Management in Construction Firms	61

INHALT

Lenner, R. Einfluss von Quervouten der Platten auf die Durchbiegungen von Kastenbrücken	33
Jiránek, M. – Svoboda, Z. Temperaturfelder unter Gebäu- den mit einem Belüftungssys- tem des Untergrundes	37
Drchalová, J. – Toman, J. – Černý, R. Feuchtigkeitsparameter von Zementwitterwerkstoff mit Kohlenstofffasern	42
Bartoněk, D. Druckmethodik im Grafikregime	45
Novák, J. Moderne optische Verfahren zur Vibrationsmessung in der Industrie	49
Ficker, T. Das Glasersche Kondensationsmodell	54
Štroner, M. Entwurf und Kalibrierung eines durch einen Theodoliten und eine Digitalkamera gebildeten Messsystems	56
Bočková, K. Potenzial der Anwendung der gegenwärtigen Methoden des Planungsverfahrens in einer Baufirma	61

REDAKČNÍ RADA**Předseda:**

prof. Ing. Jiří STUDNIČKA, DrSc.

Místopředseda:

doc. Ing. Alois MATERNA, CSc.

Tajemníci:

doc. Ing. Milan KAŠPAR, CSc.

doc. Ing. Jindřich ŠMEJČKÝ, CSc.

Členové:

Ing. Miroslav BAJER, CSc.

doc. Ing. Pavel HÁNEK, CSc.

Ing. Jiří HIRŠ

Ing. Ivan HRDINA

doc. Ing. Vladimír JELÍNEK, CSc.

Ing. Miroslav JEŽEK, CSc.

doc. Ing. Miroslav KAUN, 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.

prof. Ing. Adolf PATERA, DrSc.

doc. Ing. Miloslav PAVLÍK, CSc.

prof. Ing. J. PROCHÁZKA, CSc.

doc. Ing. Vlastimil STARÁ, CSc.

Ing. Karel SVOBODA

doc. Ing. Jiří VÁŠKA, 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 tisku 8. 1. 2003. Nevyžádané rukopisy se nevracejí.

INDEX 47 755, ISSN 1210-4027

Vliv příčných náběhů desek na průhyby komorových mostů

Ing. Roman LENNER
Valbek, s. r. o.
Liberec

Je prezentována parametrická studie pro posouzení vlivu příčných náběhů desek komorových nosníků na redukci průhybů mostů. Je známo, že příčné náběhy komorových mostů mají příznivý vliv na redukci projevů ochabnutí smykem, a tím i na zrovnoměnění rozložení podélných normálových napětí v deskách. Z výsledků ukázané parametrické studie vyplývá, že vliv příčných náběhů desek na redukci průhybů komorových mostů není zdaleka tak přínosný, jako je tomu pro rozložení napětí.

Statická analýza komorových nosníků byla v posledních padesáti letech předmětem intenzivního výzkumu, jehož výsledkem je rozsáhlý soubor prací zaměřený převážně na problematiku **vázaného kroucení s doprovodnou deformací tvaru průřezů**. Avšak i zdánlivě jednoduché ohybové chování komorových nosníků, typicky doprovázené smykovými účinky, nemusí být v praktických výpočtech dostatečně věrně vystiženo. Z hlediska smykových účinků jde o dva faktory: smykové deformace stěn a ochabnutí smykem.

Smykovým faktorem, typickým pro komorové mosty, je ochabnutí smykem. Tento známý jev vzniká v důsledku smykových deformací vodorovných desek komorových nosníků v jejich vlastní rovině projevujících se deplanací průřezu – z toho vyplývá nerovinné rozložení axiálních poměrných deformací, a následně i nerovnoměrné rozložení podélných normálových napětí podél šířek těchto desek. Rozložení podélných normálových napětí může odpovídat klasickému nebo negativnímu smykovému ochabnutí podle toho, zda jde o prostý nosník, vnitřní nebo nadpodporovou část spojitého nosníku, anebo konzolu nebo oblast poblíž inflexních bodů spojitého nosníku.

Smykové ochabnutí, kromě nerovnoměrnosti v rozložení napětí, též vyvolává redukci tuhosti, což se ve většině případů projeví zvýšením průhybů konstrukce. Je to v souladu s představou o neúplném využití průřezu v důsledku nerovnoměrného rozložení podélných napětí – konstrukce vykazuje vyšší průhyby, než by odpovídalo jednoduchému technickému výpočtu ignorujícímu ochabnutí smykem.

Je všeobecně známo, že pro intenzitu smykového ochabnutí je rozhodujícím faktorem poměr šířky pásu a jeho rozpětí. Význam smykového ochabnutí velmi vzrůstá, pokud je velký poměr šířky komory (popř. vyložení konzol průřezu) a vzdálenosti průřezů nosníku s nulovými hodnotami ohybových momentů (fiktivní rozpětí prostého nosníku); pro klasické smykové ochabnutí je vliv tohoto faktoru

monotónní, u negativního smykového ochabnutí je situace složitější [1]. Dále platí, že smykové ochabnutí je nejvýraznější v oblastech působení velkých soustředěných zatížení (např. reakcí) a obecně v oblastech velkého gradientu posouvajících sil.

Jak bylo ukázáno v [2], intenzita smykového ochabnutí však je též ovlivněna proměnností tloušťky vodorovných desek komorových nosníků t . Jde o dva faktory:

■ smykový tok v deskách q (příčina smykových deformací desek) je při postupu podél šířky desky proměnný – na svislé ose symetrie průřezu, tj. uprostřed šířek desek, má tento smykový tok nulovou velikost a vzrůstá směrem ke stěnám. Pro smykové deformace vodorovných desek v jejich vlastní rovině γ platí obecný vztah

$$\gamma = \tau / G = q / G t.$$

Je tedy zřejmé, že pokud bude tloušťka vodorovné desky komorového nosníku t ve směru od středu desky vzrůstat, budou v ní vznikající smyková napětí τ , a tudíž i její smykové deformace menší než deformace, které by vznikaly u desky stále tloušťky.

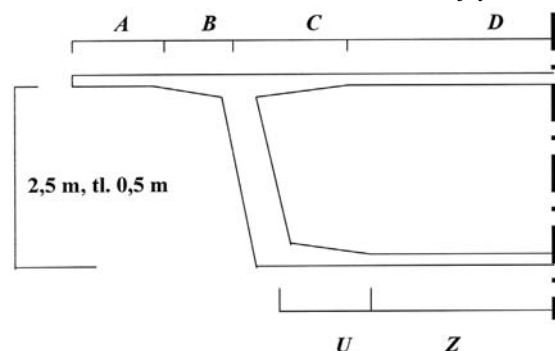
Jinými slovy, ochabnutí smykem je důsledkem smykových deformací desek průřezu, které závisejí na intenzitě smykových napětí a na rozsahu šířek desek zasažených vysokými hodnotami smykových napětí. Pro redukci nepříznivých projevů ochabnutí smykem je proto žádoucí snížit smyková napětí v oblastech při okrajích desek, kde dosahují nejvyšší intenzity. Toho lze dosáhnout přeskupením materiálu v desce – zvětšením tloušťky desek v oblastech při okrajích desek, a naopak zmenšením jejich tloušťky ve střední oblasti, přičemž celková plocha průřezu desky může být zachována;

■ dalším příznivým faktorem u komorových nosníků s příčnými náběhy desek je tvar střednice průřezu – vzhledem k tomu, že vnější povrchy desek jsou rovinné, je střednice náběhu skloněná a v oblastech blízkých stěnám (kde v důsledku smykového ochabnutí vzniká největší napětí) je střednice blíže k neutrální ose průřezu než v oblastech u středu šířek desek (kde v důsledku smykového ochabnutí naopak vzniká nejmenší napětí); to má za následek snížení napětí při okrajích desek, a naopak zvýšení napětí ve středních oblastech desek, tedy zrovnoměnění rozložení podélných normálových napětí podél šířky desek.

U komorového průřezu s příčnými náběhy desek je proto rozložení podélných normálových napětí rovnoměrnější než u průřezu s deskami stále tloušťky [2], [3]. Záměrem článku je sledovat, jak se projeví příčné náběhy desek průřezu na **redukci průhybů** komorových nosníků.

Formou parametrické studie jsou porovnávány průhyby typického pole spojitého nosníku s velkým počtem polí komorového průřezu s různými náběhy desek. Rozpětí sledovaného vnitřního pole spojitého nosníku L se mění od 35

do 55 m, zatížení je rovnoměrné intenzity $q = 100 \text{ kN/m} = 100 \text{ N/mm}$, soustředěné nad stěny nosníku. Tvar průřezu ukazuje *obr. 1*; celková plocha průřezu a jeho celkový moment setrvačnosti zůstává v všech variant stejný.



Obr. 1. Uspořádání příčného řezu nosníku

Modul pružnosti materiálu konstrukce je $E = 33\,000 \text{ MN/m}^2$, Poissonův součinitel $\nu = 0,18$. Výpočty jsou provedeny přesnou metodou lomenic respektující všechny účinky, tj. ohybové účinky a smykové deformace stěn, a též ochabnutí smykem. V rámci parametrické studie byly řešeny dva případy rozsahu náběhů, a to dosahující:

- do čtvrtiny šířky desek (tj. střední polovina šířky desky je stálého průřezu),
- do šestiny šířky desek (tj. dvě třetiny střední části šířky desky jsou stálého průřezu).

Dále byly pro každý z těchto dvou případů provedeny výpočty pro tři stupně výraznosti náběhů:

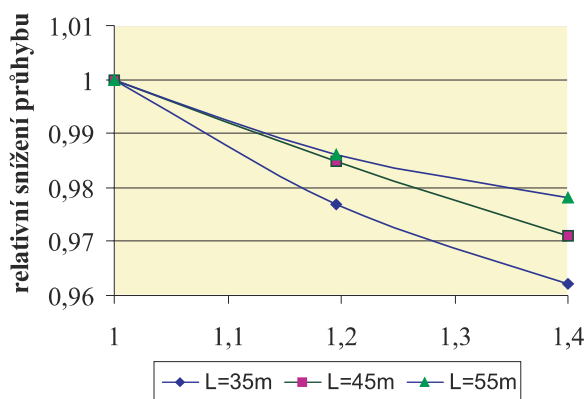
- základní průřez – bez náběhů desek,
- nevýrazné náběhy,
- výrazné náběhy.

Rozměry částí průřezu vyznačeného na *obr. 1*, odpovídající těmto kombinacím uspořádání, jsou uvedeny v *tab. 1*. Výsledky výpočtů pro obě uspořádání shrnují *tab. 2* a *tab. 3*, kde:

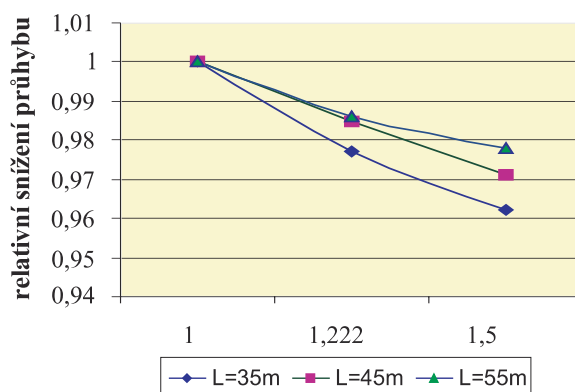
- y_{oh} je průhyb středu pole stanovený základní nosníkovou teorií bez respektování smykových deformací stěn a ochabnutí smykem;
- y_{lomen1} – průhyb středu pole nosníku se základním průřezem (bez náběhů desek) stanovený výpočtem podle teorie lomenic;
- y_{lomen2} – průhyb středu pole nosníku s průřezem s nevýraznými náběhy stanovený výpočtem podle teorie lomenic;
- y_{lomen3} – průhyb středu pole nosníku s průřezem s výraznými náběhy stanovený výpočtem podle teorie lomenic.

Hodnota y_{lomen} / y_{oh} ukazuje poměr přesných hodnot průhybů zjištěných podle teorie lomenic a průhybů stanovených podle základní technické teorie respektující jen ohybové účinky.

Je zřejmé, že podcenění průhybů základní teorií je v každém případě, zejména u krátkých rozpětí, velmi významné. Vliv náběhů na redukcii průhybu pro případ α

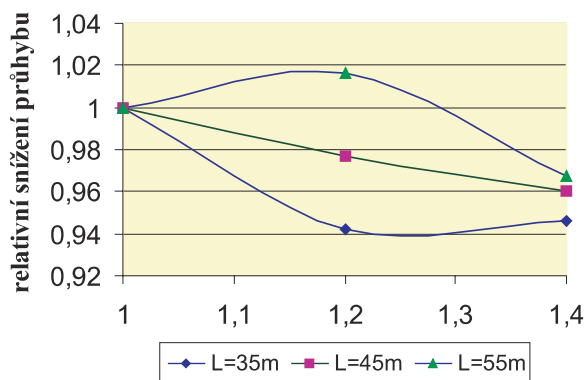


a) poměr tloušťky náběhu a tloušťky vrchní desky na ose mostu

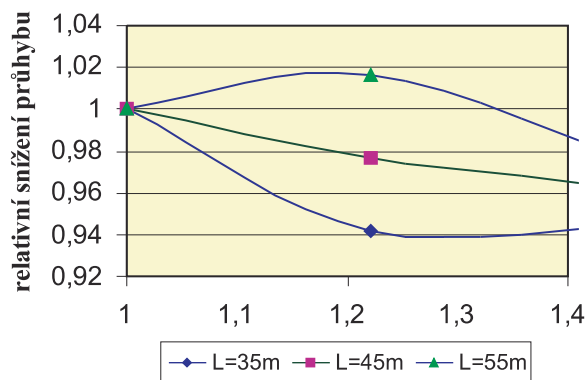


b) poměr tloušťky náběhu a tloušťky spodní desky na ose mostu

Obr. 2. Relativní snížení průhybu vlivem náběhů desek – široké náběhy



a) poměr tloušťky náběhu a tloušťky vrchní desky na ose mostu



b) poměr tloušťky náběhu a tloušťky spodní desky na ose mostu

Obr. 3. Relativní snížení průhybu vlivem náběhů desek – úzké náběhy

ukazují obr. 2a a obr. 2b; pro případ β obr. 3a a obr. 3b – v tomto případě úzkých náběhů není tendence redukce průhybů tak monotónní jako v případě α .

Závěr

Z výsledků parametrické studie vyplývá, že příčné náběhy desek komorových mostů mají příznivý vliv na redukci průhybů, avšak toto snížení deformací není zdaleka tak významné, jako jejich vliv na zrovnomnění rozložení podélných normálových napětí v deskách. Důvod je možné spatřovat v tom, že redukce tuhostí nosníku závisí na způsobu rozložení napětí ve všech průřezech, tedy nejen v těch, v nichž je rozložení napětí výrazně nerovnoměrné.

Uvedené výsledky vyplynuly z řešení grantového projektu č. 103/02/1005 GA ČR.

Literatura

- [1] Křístek, V. – Studnička, J.: Negative Shear Lag in Flanges of Plated Structures. Journal of Structural Engineering, ASCE, Vol. 117, No.12, 1991, pp. 3553–3569.
- [2] Křístek, V. – Škaloud, M.: Advanced Analysis and Design of Plated Structures. Amsterdam, Elsevier Science Publ. 1991.
- [3] Šafář, R. – Tesei, F. – Křístek, V.: Redukce nepříznivých projevů ochabnutí smykem úpravou tvaru průřezu. [Sborník], konference „Statika mostů 2002“, Brno, 2002.

Tab. 1. Rozměry částí průřezu z obr. 1

Případ, část průřezu	Šířka	Ploušťka	Šířka	Průměrná tloušťka	Šířka	Průměrná tloušťka
	$\alpha 1$		$\alpha 2$		$\alpha 3$	
A	1,625	0,30	1,625	0,275	1,625	0,25
B	1,625	0,30	1,625	0,325	1,625	0,35
C	2,000	0,30	2,000	0,325	2,000	0,35
D	2,000	0,30	2,000	0,275	2,000	0,25
U	1,750	0,25	1,750	0,275	1,750	0,30
Z	1,750	0,25	1,750	0,225	1,750	0,20
Případ, část průřezu	$\beta 1$		$\beta 2$		$\beta 3$	
	Šířka	Ploušťka	Šířka	Průměrná tloušťka	Šířka	Průměrná tloušťka
A	2,1667	0,30	2,1667	0,275	2,1667	0,25
B	1,0833	0,30	1,0833	0,350	1,0833	0,40
C	1,3333	0,30	1,3333	0,350	1,3333	0,40
D	2,6667	0,30	2,6667	0,275	2,6667	0,25
U	1,1667	0,25	1,1667	0,300	1,1667	0,35
Z	2,3333	0,25	2,3333	0,225	2,3333	0,20

Tab. 2. Vliv náběhů desky na průhyb komorového nosníku – uspořádání α

L	y_{oh}	y_{lomen1}	y_{lomen2}	y_{lomen3}	y_{lomen1}/y_{oh}	y_{lomen2}/y_{oh}	y_{lomen3}/y_{oh}
35	0,0123	0,0214	0,0209	0,0206	1,740	1,699	1,675
45	0,0336	0,0481	0,0474	0,0467	1,432	1,411	1,390
55	0,0749	0,0964	0,0951	0,0943	1,287	1,270	1,260

Tab. 3. Vliv náběhů desky na průhyb komorového nosníku – uspořádání β

L	y_{oh}	y_{lomen1}	y_{lomen2}	y_{lomen3}	y_{lomen1}/y_{oh}	y_{lomen2}/y_{oh}	y_{lomen3}/y_{oh}
35	0,0123	0,0214	0,02016	0,02024	1,740	1,642	1,648
45	0,0336	0,0481	0,04700	0,04620	1,432	1,400	1,377
55	0,0749	0,0964	0,09790	0,09320	1,287	1,307	1,244

Lenner, R.: The Effect of Thickness Variations of Box Girder Flanges on Bridge Deflections

This parametric study focuses on the effect of thickness variations of box girder flanges on reduction of bridge deflections. It is well known that a tapered shape of flanges results in reduction of shear lag effects, and, consequently, in more uniform distribution of longitudinal normal stresses across the flange widths. It results from the presented parametric study that the tapered shape of flanges is not so beneficial for the deflection reduction as it is for the uniformity of stress distribution.

Lenner, R.: Einfluss von Quervouten der Platten auf die Durchbiegungen von Kastenbrücken

Es wird eine Parameterstudie zur Beurteilung des Einflusses von Quervouten der Platten von Kasten-trägern auf die Reduzierung der Durchbiegungen von Brücken vorgestellt. Es ist bekannt, dass Quervouten von Kastenbrücken einen günstigen Einfluss auf die Reduzierung von Erscheinungen der Schubverzerrung, und damit auch auf die gleichmäßigere Verteilung der Längsnormalspannungen in den Platten haben. Aus den Ergebnissen der aufgezeigten Parameterstudie geht hervor, dass der Einfluss von Quervouten der Platten auf die Reduzierung der Durchbiegungen von Kastenbrücken bei weitem nicht so zuträglich ist, wie es für die Spannungsverteilung der Fall ist.

• zpráva

Ocenění pro vysouvané tunely pod Vltavou

Ocenění *fib* za vynikající betonovou konstrukci bylo v japonské Ósace uděleno vysouvaným tunelům pod Vltavou na budované trase pražského metra VI.C. Cenu převzal vedoucí řešitelského týmu akciové společnosti Metrostav doc. Ing. Jan L. Vítek, CSc. Stalo se tak u příležitosti historicky prvního světového kongresu *fib* (Fédération internationale du béton), organizace, která v roce 1998 převzala veškeré aktivity dvou odborných institucí – CEB a FIP, jež od roku 1952 sdružovaly přední světové odborníky zabývající se využitím betonu.

Toto prestižní ocenění může být uděleno realizovanému projektu, při jehož stavbě byly použity zcela nové nebo netradiční postupy, metody a materiály. Z celkového počtu 39 členských států jich zaslalo dvanáct do soutěže celkem 41 pozoruhodných řešení. Technologie vysouvaných tunelů pod Vltavou, kterou pro stavbu dvou tunelů pro pražské metro vyvinuli experti Metrostavu, zaujala odbornou porotu *fib* natolik, že tomuto projektu udě-

lila jedno z pěti nejvyšších ocenění. Výstavba dvou tunelů ze speciálního betonu dlouhých 168 m byla zejména odbornou veřejností bedlivě sledována, neboť tubusy takových parametrů (délka a značné směrové i výškové

zakřivení) byly řekou pomocí technologie vysouvaní budovány vůbec poprvé. Opodstatněnost použití metody, při které se tubus v celé délce vybetonuje v suchém doku a později pomocí pontonu a systému speciálních tažných a brzdných zařízení vysune do předem vyhloubené rýhy ve dně řeky, se v plné míře prokázala při srpnové povodni. Pokud by totiž výstavba tohoto úseku metra probíhala klasickou technologií jímkování, s níž projekt původně počítal, hrozilo by nebezpečí destrukce rozestavěného díla. Stavba tunelů pod Vltavou by totiž byla právě ve fázi realizace druhé jímky uprostřed řeky, a takovému vodnímu přívalu by mohla jen stěží odolat.



Tisková informace

Teplotní pole pod objekty s ventilačním systémem podloží

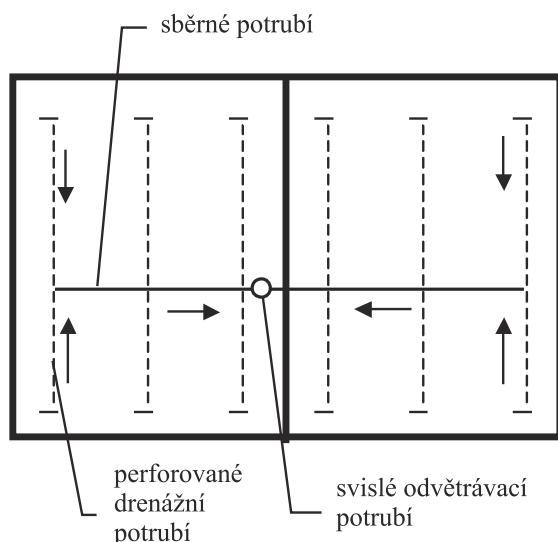
Ing. Martin JIRÁNEK, CSc.
Dr. Ing. Zbyněk SVOBODA
ČVUT – Fakulta stavební
Praha

Rozložení teplot v zemině pod objekty s ventilačním systémem podloží, navrhovaným jako protiradonové opatření, je dosud poměrně málo prozkoumanou oblastí. Měření teplot v zeminách pod podlahami, které probíhá v současné době, poskytuje řadu nových poznatků.

Ventilační systémy podloží jako protiradonové opatření

Větrací systémy podloží jsou všeobecně považovány za jedno z neúčinnějších a neefektivnějších protiradonových opatření. Jejich úkolem je snižovat koncentraci radonu pod základovou deskou a vytvářet podtlak v podloží vůči tlaku vzduchu v kontaktních podlažích. Přesnou metodiku navrhování a provádění lze nalézt v ČSN 73 0601 [3]. Podle této normy se navrhují buď u nových staveb s vysokým radonovým rizikem jako doplňkové opatření k protiradonové izolaci, nebo u staveb, v nichž dochází k překročení směrné koncentrace radonu v interiéru 400 Bq/m^3 [7].

Větrací systémy podloží bývají nejčastěji tvořeny soustavou perforovaných drenážních trub (plastových, keramických, kameninových atd.) uložených do souvislé vysoce propustné vrstvy štěrku s nejmenší tl. 150 mm. Rozmístění drenážních trub po půdorysu objektu musí zajistit spolehlivé (v průběhu celého roku) provětrávání drenážní vrstvy po celém jejím půdorysu. U nových staveb se používá geometrický tvar podle obr. 1, u staveb stávajících varianta podle obr. 2 s drenážními hadicemi vloženými do drážek v podlahách po obvodu místnosti. Vzájemná vzdálenost rovnoběžně umístěných drenážních trub podle obr. 1 by neměla být menší než 2 m a větší než 4 m. Průměr koncových trub



Obr. 1. Varianta větracího systému podloží vhodná pro nové stavby

se volí 60 až 100 mm, sběrné potrubí se navrhuje s průměrem 100 až 150 mm. Vzdálenost perforovaných trub od obvodových stěn je limitována možností promrzání základové půdy (zvláště na vysoce propustném podloží), což je třeba vždy posoudit, anebo založení přizpůsobit nižším teplotám podloží.

Půdní vzduch z drenážních hadic je do exteriéru odváděn horizontálním sběrným potrubím a svislým odvětrávacím potrubím zakončeným nad střechou objektu ventilační turbínou nebo střešním ventilátorem. Alternativně může být ventilátor osazen v půdním prostoru (obr. 3). Pro běžný rodinný domek stačí ventilátory o příkonu 25 až 75 W s podtlakem 50 až 150 Pa při odsávání množství vzduchu 100 až 200 m^3/h . Ventilátory s příkonem 100 W a více, vytvářející podtlak několika stovek pascalů (obvykle 200 až 350 Pa), se používají pro půdorysně rozsáhlejší stavby, jako jsou školy, obchody atd.

Výpočet teplot v zemině pod podlahou s ventilačním systémem

Výpočtová analýza rozložení teplot v zemině pod podlahou s ventilačním systémem musí být založena na numerickém řešení kombinovaného šíření tepla kondukcí a konvekcí. Řídící rovnicí tohoto děje je méně známá diferenciální rovnice, která je často v zahraniční literatuře označována jako konvektivně difuzní rovnice a kterou lze zapsat pro stacionární stav ve tvaru

$$\lambda \nabla^2 T + \rho_a c_a \frac{k}{\mu} \bar{\nabla} p \cdot \bar{\nabla} T = 0, \quad (1)$$

kde T je teplota [$^{\circ}\text{C}$],

c_a – měrná tepelná kapacita vzduchu [$\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$],

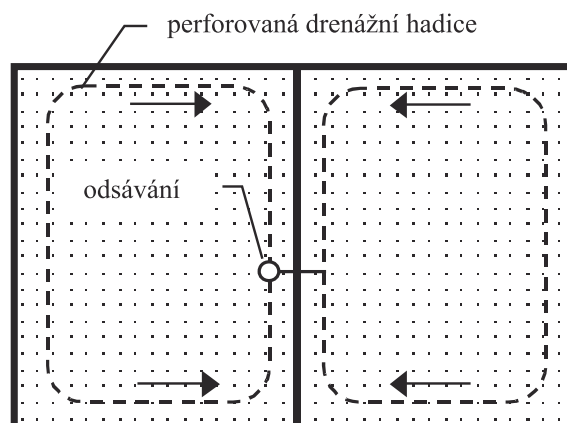
λ – tepelná vodivost materiálu [$\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$],

ρ_a – hustota vzduchu [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$],

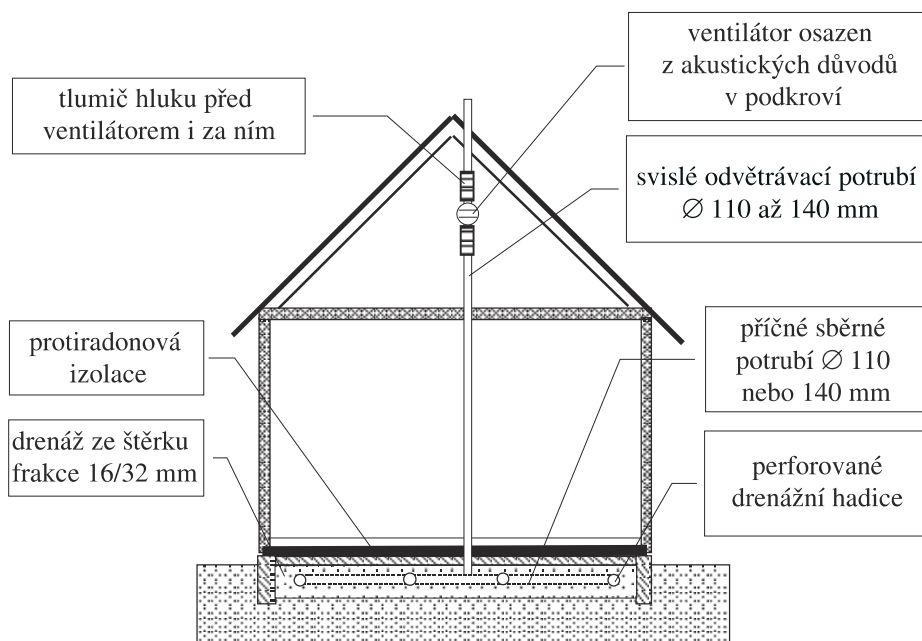
k – permeabilita porézního materiálu [m^2],

p – tlak vzduchu [Pa],

μ – dynamická viskozita vzduchu [$\text{Pa} \cdot \text{s}$].



Obr. 2. Varianta odvětrání z drenážních hadic vložených do drážky v podlaze kolem stěn – vhodná pro stávající stavby



Obr. 3. Odvětrání podlaží pod objektem pomocí perforovaných plastových trub vložených do vrstvy šterku pod podkladním betonem

První člen na levé straně rovnice (1) vyjadřuje transport tepla vedením (odpovídá známé rovnici vedení tepla), druhý člen pak přenos tepla způsobený konvekcí vzduchu prodyšnou konstrukcí a netěsností v ní.

Přestože je možné pro rovnici (1) použít všechny standardní okrajové podmínky, nejvhodnější pro analýzu teplotního pole pod objektem je Newtonova okrajová podmínka definovaná jako

$$-\lambda \frac{\partial T}{\partial n} + v_n \rho_a c_a (T - \bar{T}) = \alpha (T - \bar{T}), \quad (2)$$

kde v_n je složka rychlosti proudění ve směru normály k hranici [m.s⁻¹],

\bar{T} – známá teplota v prostředí sousedícím s hranicí hodnocené oblasti [°C],

α – součinitel přestupu tepla [W.m⁻².K⁻¹].

Numerické řešení rovnice (1) s okrajovou podmínkou (2) lze odvodit za těchto předpokladů:

- přenos tepla je dvourozměrný a ustálený;
- proudění vzduchu stavební konstrukcí je vyvoláno jen působícím tlakovým gradientem (v případě ventilačních systémů jde o rozdíl tlaků způsobený ventilátorem);
- vzduch je nestlačitelný;
- rychlost proudění vzduchu je definována Darcyho zákonem

$$\vec{v} = -\frac{k}{\mu} \nabla p; \quad (3)$$

- rozložení tlaků vzduchu v konstrukci je definováno Laplaceovou rovnicí

$$k \cdot \nabla^2 p = 0. \quad (4)$$

K řešení rovnice (1) lze použít běžné numerické metody – metodu sítí nebo metodu konečných prvků. Zvláštní pozornost je třeba věnovat hlavně problému numerické stability řešení vzhledem k destabilizujícímu vlivu konvektivního členu v rovnici (1).

Podívejme se na způsob řešení rovnice (1) metodou konečných prvků (MKP). Obecnou formulaci MKP je vhod-

né odvodit Petrovým-Galerkinovým postupem, který vychází z podmínky

$$\int_{\Omega_e} \left[\lambda \nabla^2 T + \rho_a c_a \frac{k}{\mu} \nabla p \nabla T \right] \mathbf{W}_i d\Omega = 0, \quad (5)$$

kde \mathbf{W}_i je vektor váhových funkcí a Ω_e je plocha konečného prvku. Rovnice (5) vyjadřuje požadavek, aby reziduum numerického řešení rovnice (1) bylo ortogonální k váhovým funkcím \mathbf{W}_i .

Neznámá funkce teploty T v rovnici (5) je uvažována jako aproximace

$$T = \mathbf{N}_i^T \mathbf{T}_i, \quad (6)$$

kde \mathbf{N}_i je vektor interpolačních funkcí,

\mathbf{T}_i – vektor neznámých hodnot teploty v uzlových bodech prvku [°C].

Interpolační funkce \mathbf{N}_i jsou známé funkce úzce svázané s typem zvolených konečných prvků. Definice váhových funkcí \mathbf{W}_i je v tomto případě velmi významná. Zienkiewicz [6] doporučuje uvažovat váhové funkce jako

$$\mathbf{W}_i = \mathbf{N}_i + \varepsilon \frac{h}{2} \frac{u \frac{\partial \mathbf{N}_i}{\partial x} + v \frac{\partial \mathbf{N}_i}{\partial y}}{|\mathbf{u}|}, \quad (7)$$

kde h je rozměr prvku ve směru proudění [m],

u – složka rychlosti proudění ve směru osy x [m.s⁻¹],

v – složka rychlosti proudění ve směru osy y [m.s⁻¹],

$|\mathbf{u}|$ – vektor rychlosti proudění [m.s⁻¹].

Jestliže je hodnota ε zvolena jako

$$\varepsilon = \coth Pe - \frac{1}{Pe} \quad (8)$$

a Pecletovo číslo jako

$$Pe = \frac{\rho_a c_a |\mathbf{u}| h}{2\lambda}, \quad (9)$$

potom lze podle Zienkiewicze vyloučit numerické oscilace v řešení, a to pro libovolný poměr mezi dílčím konvektivním a konduktivním transportem tepla.

Potřebnou obecnou formulaci MKP lze získat při použití uvedených interpolačních a váhových funkcí z rovnice (5)

integrací per-partes a dosazením okrajových podmínek (2) ve tvaru

$$(\mathbf{K}_\lambda + \mathbf{K}_v + \mathbf{K}_\alpha) \mathbf{T}_i = \mathbf{q}_\alpha. \quad (10)$$

Matice vodivosti \mathbf{K}_λ v rovnici (10) je definována jako

$$\mathbf{K}_\lambda = \int_{\Omega^{(e)}} \lambda \left(\frac{\partial \mathbf{W}_i}{\partial x} \frac{\partial \mathbf{N}_i^T}{\partial x} + \frac{\partial \mathbf{W}_i}{\partial y} \frac{\partial \mathbf{N}_i^T}{\partial y} \right) d\Omega, \quad (11)$$

matice konvektivního transportu tepla \mathbf{K}_v jako

$$\mathbf{K}_v = \int_{\Omega^{(e)}} \rho_a c_a \left(u \mathbf{W}_i \frac{\partial \mathbf{N}_i^T}{\partial x} + v \mathbf{W}_i \frac{\partial \mathbf{N}_i^T}{\partial y} \right) d\Omega, \quad (12)$$

matice okrajových podmínek \mathbf{K}_α jako

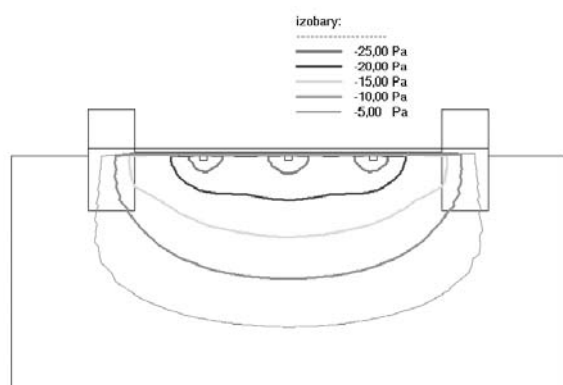
$$\mathbf{K}_\alpha = \int_{\Gamma^{(e)}} (\alpha - v_n \rho_a c_a) \mathbf{W}_i \mathbf{N}_i^T d\Gamma \quad (13)$$

a vektor okrajových podmínek \mathbf{q}_α jako

$$\mathbf{q}_\alpha = \int_{\Gamma^{(e)}} (\alpha - v_n \rho_a c_a) \mathbf{W}_i \bar{T} d\Gamma. \quad (14)$$

Za poznámku stojí fakt, že matice konvektivního transportu tepla \mathbf{K}_v není symetrická, což vede následně k tomu, že také výsledná matice soustavy lineárních rovnic pro určení neznámých uzlových hodnot \mathbf{T}_i není symetrická.

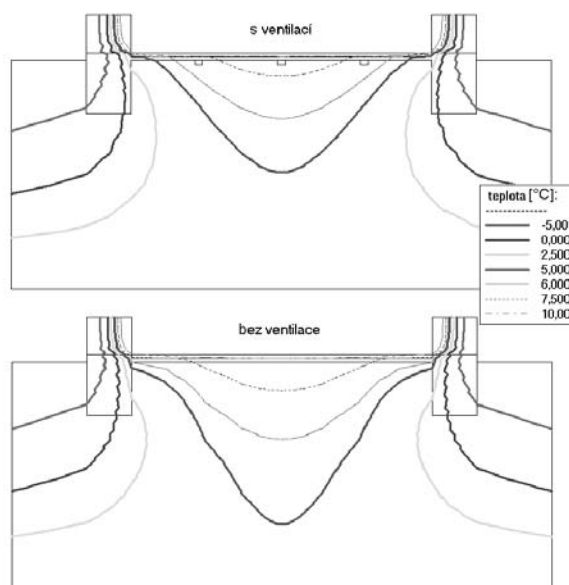
Na základě rovnice (10) autoři tohoto příspěvku vytvořili program Wind2D, který umožňuje výpočet tlakových polí, rychlostí proudění vzduchu, teplotních polí a hustoty tepelných toků v porézních stavebních konstrukcích – tedy i v podloží pod objektem. Podrobnější informace a analýzu numerické stability jeho řešení lze nalézt např. v příspěvku [5]. Podívejme se nyní na některé výsledky tohoto programu. Na obrázku 4 je uvedeno rozložení tlaku vzduchu v zemině pod objektem s ventilačním systémem. Jde o nepodsklepený objekt šířky 5 m s tepelnou izolací tl. 50 mm v podlaže. Pod objektem jsou umístěny tři podélné drenážní trubky napojené na ventilátor, který vytváří v trubkách podtlak -30 Pa proti tlaku v exteriéru. Tepelná vodivost zeminy byla uvažována podle ČSN EN ISO 13370 [8] hodnotou $2 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$.



Obr. 4. Pole tlaků vzduchu pod objektem s ventilačním systémem

Teplotní pole pod tímto objektem dokumentuje pro vnitřní teplotu 21 °C a venkovní teplotu -15 °C obr. 5, a to včetně porovnání se stavem bez ventilačního systému. Zemina byla pro tento výpočet modelována podle ČSN EN ISO 10211-1 [9] jako blok o výšce 3 m, přičemž na jeho spodní hranici byla uvažována teplota 5 °C jako Dirichletova okrajová podmínka (do výpočtu ji lze formálně zavést jako Newtonovu podmínku s velmi vysokým součinitelem přestupu tepla).

Z výsledků analýzy vyplývá, že při provozu ventilačního systému se teploty v zemině pod podkladním betonem budou pohybovat v rozmezí $3,8$ až $8,3$ °C, zatímco bez ventilace by byly poněkud vyšší – od $6,0$ do $8,7$ °C. Rozdíly mezi stavem s ventilací a bez ní mohou být výrazně ovlivněny i těsností podlahové konstrukce. Pokud má podlaha trhliny, může docházet i k přísávání teplého vzduchu z interiéru do podloží a k jeho následnému mírnému prohřívání. Naopak, při trhlinách v základu může docházet k přísávání vnějšího chladného vzduchu do zemině pod podlahou.



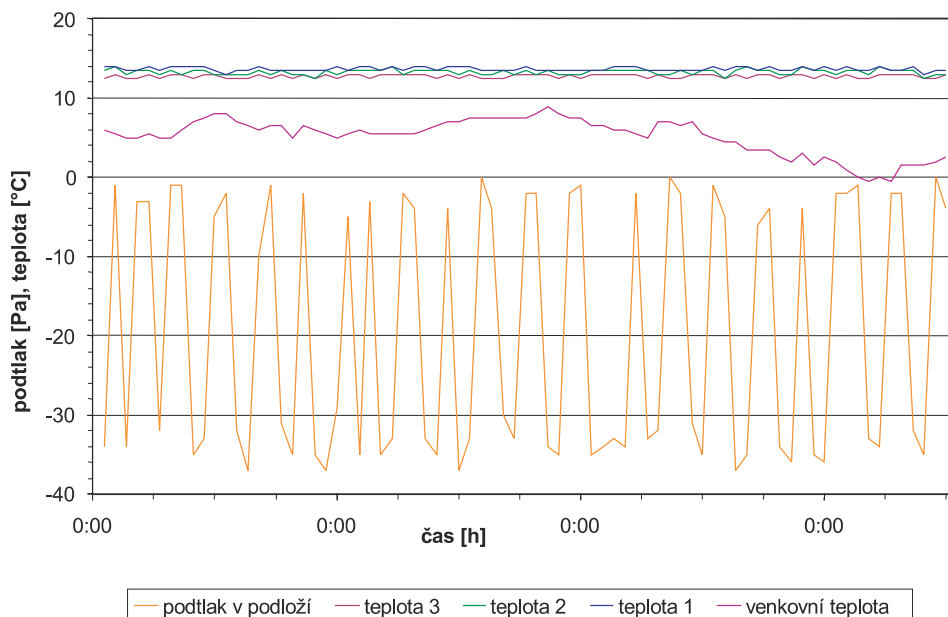
Obr. 5. Pole teplot pod objektem s ventilačním systémem

Měření teplot in-situ

Správnost výpočetních modelů může ověřit samozřejmě jen porovnání s experimentálně získanými daty. V současné době probíhá dlouhodobé měření teplot pod podlahami vybraných obývaných rodinných domů v rámci ověřování účinnosti protiradonových opatření [1]. V měřených objektech byl pod podlahou proveden ventilační systém s nuceným odtahem vzduchu jako opatření proti přísunu radonu z podloží. V rámci stavebních prací byla pod podlahové konstrukce umístěna teplotní čidla a po obnovení provozu bylo v objektech zahájeno kontinuální měření teplot v zemině pod podlahami.

Na obrázku 6 je vidět jeden z dílčích záznamů měření získaných v průběhu tří dnů v jarním období v rodinném domě v Milešově. Podlahová konstrukce objektu obsahovala tepelnou izolaci z pěnového polystyrenu tl. 50 mm. Grafem je znázorněn průběh venkovní teploty a teplot v zemině pod podlahou v různých místech objektu. Jako teplota 1 je označena teplota pod podlahou obývacího pokoje u obvodové stěny částečně zaříznuté do svahu (cca 50 cm pod terénem), teplota 2 byla měřena v zemině pod obývacím pokojem u obvodové stěny celé nad terénem, teplota 3 pod podlahou ložnice uprostřed místnosti. Je zřejmý i podtlak vzduchu v podloží vytvořený periodicky se opakujícím nuceným větráním za pomoci ventilátoru napojeného na ventilační potrubí.

Z dlouhodobějšího sledování, které není v grafu zachyceno, vyplývá, že při trvalejší venkovní teplotě kolem 10 °C se teploty 1 a 2 pohybuje mezi $13,5$ až $14,5$ °C, zatímco při venkovní teplotě kolem 0 °C klesají na $12,5$ až $13,5$ °C. Teplota 1 je přitom vždy vyšší než teplota 2 cca o 1 °C – pravděpodobně proto, že stěna, u které je teplotní čidlo, je



Obr. 6. Výsledky měření teploty v zemině pod podlahou RD v Milešově

částečně zahlobena pod terén. Z vnější strany stěny je tudíž větší tloušťka zeminy, která funguje jako tepelný izolant. Graf dále potvrzuje závislost teploty zeminy pod podlahou na teplotě v interiéru. Nejnižších hodnot dosahuje teplota 3 pod podlahou ložnice, ačkoli zde bylo čidlo umístěno do středu místnosti. Příčinou je teplota vnitřního vzduchu, která byla v ložnici nižší než v obývacím pokoji.

Z výsledků tohoto a dalších měření tedy vyplývá, že teplota vzduchu pod domem závisí především na teplotě v interiéru a na přítomnosti tepelné izolace v podlaze. Při interiérové teplotě 21 až 22 °C a venkovní v rozmezí 0 až 10 °C se teploty v zemině pod podlahou pohybují od 12 do 14 °C – pokud je v podlaze tepelná izolace v běžné tl. 50 mm. U domů bez tepelné izolace v podlaze jsou teploty pod domem vyšší, např. pro dlouhodobou venkovní teplotu 0 °C bylo naměřeno pod podlahou 14 až 15 °C.

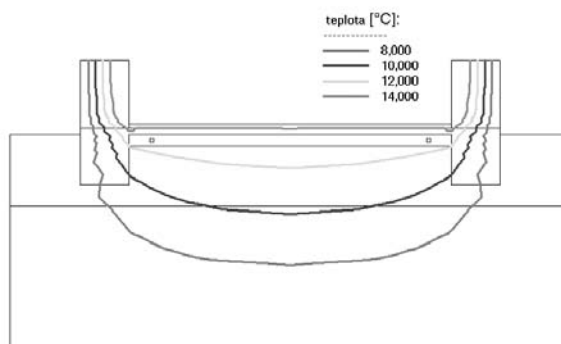
Z měření je zřejmý i vliv tepelných mostů u základů objektů. Bylo totiž zjištěno, že u obvodových stěn jsou teploty v zemině pod podlahou cca o 1 až 2,5 °C nižší než teploty ve středu domu. Rozdíl je i mezi jednotlivými obvodovými stěnami – u stěn, ke kterým je z vnější strany přilhaný terén, je teplota cca o 1 °C vyšší než u stěn, které jsou po celé výšce vystaveny vnějšímu vzduchu.

Denní změny vnější teploty se v teplotě zeminy pod podlahou neprojevují. Vliv dlouhodobějšího snížení či zvýšení venkovní teploty lze zaznamenat pouze u zeminy pod podlahou u obvodové stěny, a to nejdříve po dvou dnech od začátku klimatických změn. Teploty pod podlahou ve středu místnosti na změny venkovní teploty v podstatě nereagují.

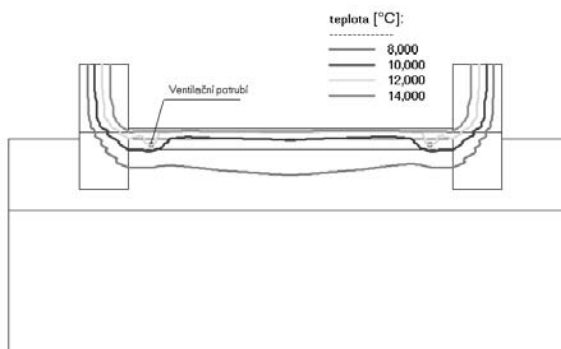
Z měření vyplynulo i to, že ventilační systém pod podlahou, který pracuje cyklicky, teploty v zemině příliš nezmění. Četnost spínání nuceného odtahu vzduchu přitom nerozhoduje. Při nepřetržitém chodu ventilátoru dojde nicméně zhruba během jednoho dne k poklesu teplot u obvodových stěn o 1 až 2 °C proti stavu bez ventilace podloží. Ve středu domu činí tento pokles vlivem ventilace maximálně 0,5 °C. Uvedené hodnoty platí pro objekty s tepelnou izolací tl. 50 mm v podlaze. U domů bez ní je možné očekávat pokles teplot při nepřetržitém chodu ventilátoru maximálně o 3 až 4 °C. Toto vše platí pro objekty na propustném podloží. U domů stavěných na středně až málo propustných zeminách je ovlivnění teplot pod domem ventilací daleko menší.

Porovnání výpočtu a výsledků měření

Z dlouhodobého měření tedy vycházejí pod podlahou objektů s tepelnou izolací tl. 50 mm v podlaze teploty v rozmezí 12 až 14 °C při venkovní teplotě 0 až 10 °C a vnitřní teplotě 21 až 22 °C. Zkusme porovnat tyto experimentální výsledky s numerickým hodnocením. Na obrázku 7 je vidět rozložení teplot pod podlahou příčného řezu rodinným domem v Milešově. Pro výpočet byla uvažována teplota 5 °C v zemině v hloubce 3 m pod terénem, venkovního vzduchu 5 °C a vnitřního vzduchu 22 °C. Z výpočtu vycházejí teploty v zemině pod podlahou v rozmezí 13,3 až 13,5 °C – velmi dobře tedy odpovídají zjištěným hodnotám.



Obr. 7. Teplotní pole pod příčným řezem RD v Milešově



Obr. 8. Teplotní pole pod RD v Milešově při podtlaku v podloží -25 Pa

Pro zajímavost ještě uvedme, jak by vypadalo vypočítané teplotní pole pod objektem, pokud by byl do výpočtu zaveden předpoklad podtlaku -25 Pa ve ventilačním systému pod podlahou. Na obrázku 8 je vidět teplotní pole deformované vlivem proudění vzduchu v podloží. Teploty pod podlahou se v tomto případě pohybují od $10,1$ do $11,8$ °C. Vycházejí tedy poněkud nižší než experimentálně zjištěná data.

Z porovnání výsledků výpočtu a experimentů nicméně vyplývá, že numerické modelování založené na ustáleném dvourozměrném či třírozměrném šíření tepla v zemině poskytuje výsledky dosti blízké realitě. Také předpoklad ČSN EN ISO 10211-1 [9], že v hloubce 3 m pod terémem je vhodné uvažovat celoročně teplotu rovnou průměrné roční teplotě venkovního vzduchu, odpovídá skutečnosti.

Článek byl podpořen výzkumným záměrem č. 1 MSM 21000001.

Jiránek, M. – Svoboda, Z.: Temperature Fields Below Structures with a Sub-Slab Ventilation System

This paper is aimed at explaining a method of calculation of temperature fields below buildings with sub-slab ventilation when combined heat transfer by both conduction and convection should be considered. The article analyzes the numerical solution in minute detail. It became a basis for the design of Wind2D program used for the calculation of pressure fields, air flow velocity, temperature fields, and the density of heat flows. The software was verified using experimentally measured temperatures below several buildings. The comparison of the calculation results and the experiment shows that numerical modelling based on stabilized 2D or 3D heat distribution in the soil provides results which are fairly close to reality.

Literatura

- [1] Schreyer, J. – Jiránek, M.: Zpráva pro 5. kontrolní den projektu „Vývoj nových stavebních protiradonových opatření a jejich hodnocení – aplikovatelnost lokálního odvětrání podloží pod stávajícími stavbami“. Zadavatel SÚJB a MPO ČR, 2002.
- [2] Svoboda, Z.: Programy Area 2002 a Wind2D 2001. Kladno, 2000 – 2002.
- [3] ČSN 73 0601 Ochrana staveb proti radonu z podloží. ČSN, 2000.
- [4] Jiránek, M.: Větrací systémy podloží – efektivní ochrana proti radonu, Materiály pro stavbu, 2001, č. 5, s. 34–36.
- [5] Svoboda, Z.: The Analysis of the Convective-Conductive Heat Transfer in the Building Constructions. In: Proceedings of the 6th International IBPSA Conference, Kyoto, 1999, Vol. 1, pp. 329–335.
- [6] Zienkiewicz, O. C. – Taylor, R. L.: The Finite Element Method, Fourth Edition. London, McGraw-Hill 1991.
- [7] Vyhláška č. 307 Sb., o požadavcích na zajištění radiační ochrany. SÚJB, 2002.
- [8] ČSN EN ISO 13370 Tepelné chování budov – Přenos tepla zeminou – Výpočtové metody. ČSN, 1999.
- [9] ČSN EN ISO 10211-1 Tepelné mosty ve stavebních konstrukcích – Tepelné toky a povrchová teplota – Část 1: Základní výpočtové postupy. ČSN, 1997.

Jiránek, M. – Svoboda, Z.: Temperaturfelder unter Gebäuden mit einem Belüftungssystem des Untergrundes

Der Beitrag bringt die Art und Weise der Berechnung von Temperaturfeldern unter Gebäuden mit einem Untergrund-Belüftungssystem nahe, wo es notwendig ist, eine kombinierte Wärmeübertragung durch Konduktion und Konvektion in Betracht zu ziehen. Es wird ausführlich die numerische Lösung analysiert, auf deren Grundlage das Programm Wind2D gebildet worden ist, das die Berechnung von Druckfeldern, Strömungsgeschwindigkeiten der Luft, Wärmefeldern und Wärmestromdichten ermöglicht. Die Überprüfung des Programms wurde mittels experimentell ermittelter Wärmewerte unter mehreren Häusern vorgenommen. Aus dem Vergleich der Ergebnisse der Berechnung und der Versuche ging hervor, das die auf der zwei- bzw. dreidimensionalen stetigen Wärmeausbreitung in der Erde basierende numerische Modellierung ziemlich wirklichkeitsnahe Ergebnisse bringt.

• dizertace



The Synergy Effect and its Practical Use in the EU Project MURBANDY

Ing. Alice Pátková

Synergický efekt byl zkoumán na modelovém území Bratislavy. Hodnoceny byly efekty získané porovnáním bází z oblastí GIS, GPS, internetu, fotogrammetrie a dálkového průzkumu Země.

Zlepšování zemin. Štěrkové pilíře a hlubinné zhutňování

Ing. Jakub Zavoral

Výsledkem práce jsou doporučené frekvence vibrátorů pro zeminy s určitými moduly deformace. Byla stanovena vlastní frekvence kmitající zeminy s různými objemy a dynamický součinitel pro různé zeminy. Je odvozena jednoduchá metoda pro návrh štěrkových pilířů.

SOUTĚŽ

Česká společnost pro ocelové konstrukce a Slovenská spoločnosť pre ocelové konštrukcie vyhlasují při příležitosti konání 20. české a slovenské konference Ocelové konstrukce a mosty 2003 (17. až 20.9.2003 v Praze) již 10. ročník soutěže „O nejlepší realizovanou stavbu s ocelovou konstrukcí v ČR a SR v období 2000–2003“.

Kategorie:

- mosty, věže a stožáry
- průmyslové a technologické konstrukce, rekonstrukce
- občanské a sportovní stavby

Informace:

I. K. SKYVA, s. r. o., Ing. Jiří Skyva, Skořepka 4, 602 00 Brno.

Uzávěrka podání přihlášky: 1.7.2003.

Vlhkostní parametry cementového kompozitu vyztuženého uhlíkovými vlákny

*RNDr. Jaroslava DRCHALOVÁ, CSc.
prof. Mgr. Jan TOMAN, DrSc.
prof. Ing. Robert ČERNÝ, DrSc.
ČVUT – Fakulta stavební
Praha*

V článku je hodnocen vliv tepelného a mechanického namáhání cementového kompozitu vyztuženého uhlíkovými vlákny na transport vlhkosti v kapalně fázi. Na základě zjištěných hodnot součinitele vlhkostní vodivosti můžeme konstatovat, že rozhodujícím faktorem je teplota, rozdíl mezi 25 °C a 1 000 °C činí až dva řády, zatímco tahové namáhání způsobuje při dané teplotě zvýšení maximálně půl řádu.

Úvod

Studovali jsme vlhkostní parametry cementového kompozitu vyztuženého uhlíkovými vlákny, především součinitel vlhkostní vodivosti v celém vlhkostním rozsahu, a jeho závislost na tepelném a mechanickém namáhání.

Metoda určení součinitele vlhkostní vodivosti

Jeden ze základních parametrů, který charakterizuje přenos vlhkosti v kapalně fázi, je součinitel vlhkostní vodivosti κ . Pro jeho výpočet jsme použili jednu z nestacionárních metod, metodu Matanovu [1]. Jako všechny přímé metody vychází z jednorozměrného řešení difúzní rovnice (1), která popisuje přenos vlhkosti v kapilárně porézních látkách za izotermních podmínek

$$\frac{\partial u}{\partial t} = \nabla(\kappa(u)\nabla u). \quad (1)$$

Hmotnostní vlhkost u je dána vztahem

$$u = \frac{m_v - m_s}{m_s}, \quad (2)$$

kde m_v je hmotnost vlhkého a m_s je hmotnost suchého vzorku.

Experiment spočívá v určení křivek navlhání, tj. vlhkosti podél osy vzorku $u(x, t)$. Obvyklé uspořádání: vzorek ve tvaru tyče (její délka je v porovnání se dvěma ostatními rozměry řádově větší) je na jednom konci napájen vodou, druhý konec je vystaven působení vzduchu stejné relativní vlhkosti, jaká je v pórech vzorku na počátku experimentu. Při přenosu vlhkosti pouze v jednom směru je nutné zabránit odpařování vody na zbývajících stěnách vzorku, to je zajištěno parotěsnou a vodotěsnou izolací vzorku po všech stranách kromě čel.

Matanova metoda vychází ze znalosti jedné křivky navlhání a času od počátku experimentu odpovídajícího této křivce. Metoda využívá Boltzmannovy transformace, kterou je možné použít v případě krátkých časů, kdy se ještě neuplatňuje okrajová podmínka na suchém konci vzorku. Výhoda Boltzmannovy transformace spočívá v tom, že převádí řešení parciální diferenciální rovnice (1) na řešení obyčejné diferenciální rovnice. Tuto rovnici nelze sice řešit

analyticky pro nekonstantní $\kappa(u)$, ale numerické řešení obyčejné diferenciální rovnice je mnohem jednodušší než řešení parciální diferenciální rovnice. Pokud tedy známe rozložení vlhkosti $u(x)$ v jistém čase t , můžeme součinitel vlhkostní vodivosti vypočítat ze vztahu

$$\kappa(u(x)) = \frac{1}{2tu'(x)} \int_x^\infty \xi u'(\xi) d\xi, \quad (3)$$

kde $u'(x)$ je derivace vlhkosti podle prostorové souřadnice.

Experimentální část

Měření bylo provedeno na vzorcích cementového kompozitu vyztuženého uhlíkovými vlákny, což je deskový materiál s matricí na bázi portlandského cementu vyztuženou uhlíkovými vlákny. Složení vzorku [%]: portlandský cement (CEMI 52,5) 39,71, mikrodorsilit 16,5, wollastonit 39,6, mikrosilica 1,96, metylcelulosa 0,11, superplastifikátor 0,98, uhlíkové vlákno na bázi směly 0,98, odpeňovač 0,16.

Vlhkostní parametry byly určovány na materiálu nenamáhaném a namáhaném tepelně, mechanicky a kombinovaně. Měli jsme k dispozici pět sad vzorků, které byly podrobeny různému typu namáhání:

- bez namáhání,
- pouze tepelné (600, 800 a 1 000 °C),
- pouze mechanické,
- mechanické a následně tepelné,
- tepelné a následně mechanické.

Vypalování probíhalo při teplotách 600, 800 a 1 000 °C. Teplota rostla postupně z pokojové (rychlost zahřívání přibližně 100 °C za 10 minut), při dané teplotě byl materiál 120 minut temperován a opět pozvolna chladl v peci.

Materiál byl podroben mechanickému namáhání v tahu až do 70 % meze své pevnosti. Ta byla určena měřením vybraných vypálených i nevypálených vzorků až do jejich destrukce.

Vzorky měly tvar tyče o rozměrech 10 x 40 x 150 až 300 mm. Plášť byl opatřen izolepou, jedno čelo tyče bylo v kontaktu s vodou prostřednictvím viskózní houby, druhý konec byl vystaven působení vzduchu. Sání probíhalo ve vertikální poloze a trvání experimentu bylo dostatečně krátké, takže podmínky platnosti Boltzmannovy transformace byly splněny. K určení vlhkostních profilů je třeba znát vlhkost podél vzorku. Byla použita metoda gravimetrická, vzorek byl rozřezán po 1 cm kolmo na směr šíření vlhkosti.

Výsledky měření a diskuze

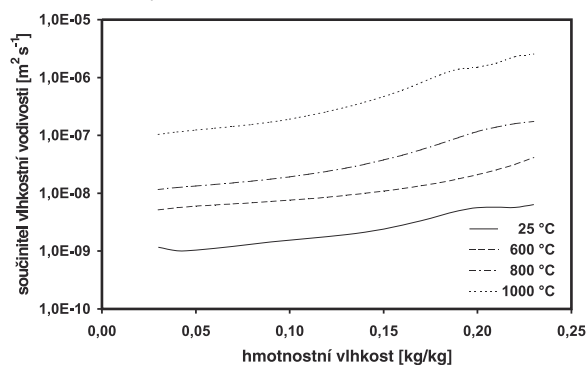
Součinitel vlhkostní vodivosti a maximální nasákavost u_{\max} jsme určili pro materiál nenamáhaný a podrobený všem uvedeným typům namáhání. Experimentální hodnoty křivek navlhání byly aproximovány metodou lineární filtrace s gaussovskými vahami [2]. Hodnoty součinitele vlhkostní

Tab. 1. Závislost maximální nasákovosti u_{\max} na teplotě vypalování

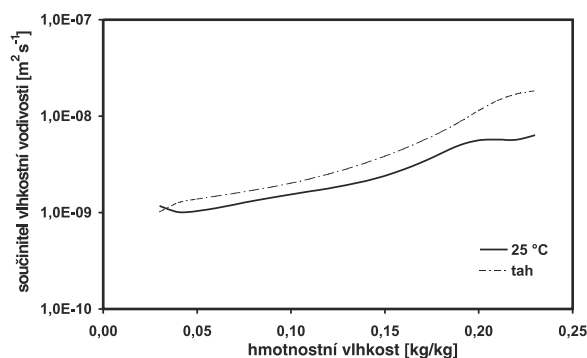
Teplota [°C]	25	600	800	1000
u_{\max} [%]	25,0	27,5	28,0	29,5

vodivosti byly určeny v rozsahu 3 až 23 %. Na obrázcích 1 až 5 je uveden typický průběh pro všechny typy namáhání.

Namáhání jakéhokoli typu (působení vysokých teplot nebo tahu) vede k narušení struktury porézního materiálu, což se může projevit ve změně přenosu vlhkosti. Mohou se tedy objevit změny v hodnotách jak součinitele vlhkostní vodivosti (obr. 1 až obr. 5), ale i maximální nasákovosti (tab. 1). Rozdíly v hodnotách maximální nasákovosti pro tři různé typy namáhání (pouze vypalování, tah a vypalování, vypalování a tah) nejsou výrazné, v tabulce jsou uvedeny jejich střední hodnoty.



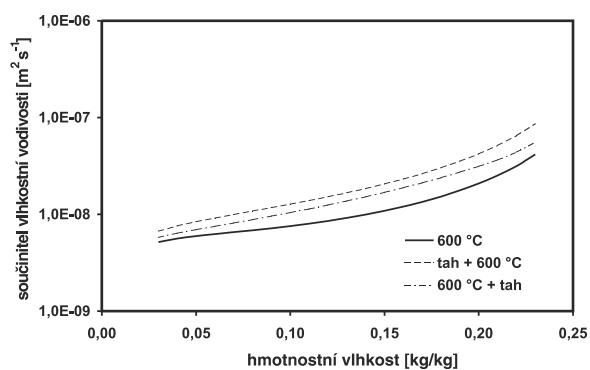
Obr. 1. Závislost součinitele vlhkostní vodivosti na teplotě



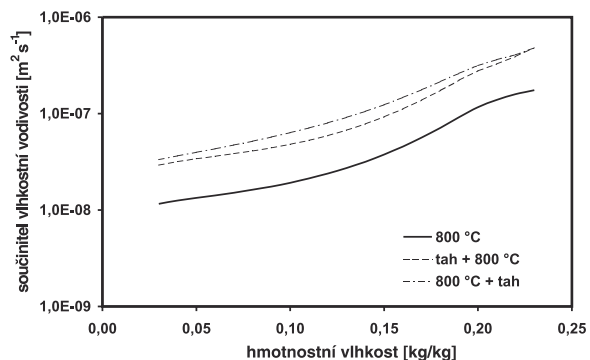
Obr. 2. Součinitel vlhkostní vodivosti nenamáhaného materiálu a namáhaného tahem

S rostoucí teplotou vypalování hodnoty součinitele vlhkostní vodivosti vzrůstají (obr. 1). Ke značnému nárůstu dochází už při 600 °C (více než půl řádu). Mezi pokojovou teplotou a teplotou vypalování 800 °C činí rozdíl zhruba jeden řád, další řádový rozdíl je mezi 800 a 1 000 °C. Toto porovnání platí pro hmotnostní vlhkost kolem 10 %, obdobné rozdíly však nalezneme i pro 5 a 15 % vlhkosti. Maximální nasákovost s rostoucí teplotou rovněž roste a zhruba kopíruje změny v hodnotách součinitele κ . Největší nárůst je mezi pokojovou teplotou a teplotou vypalování 600 °C (zhruba 10 %), k dalšímu výraznějšímu skoku dochází mezi teplotami 800 a 1 000 °C (kolem 5,5 %). Celkový nárůst maximální nasákovosti není příliš dramatický (mezi 25 a 1 000 °C asi 18 %), z toho můžeme usuzovat na pozitivní efekt uhlíkových vláken, která i při vysokých teplotách vypalování zpevňují strukturu cementové matrice.

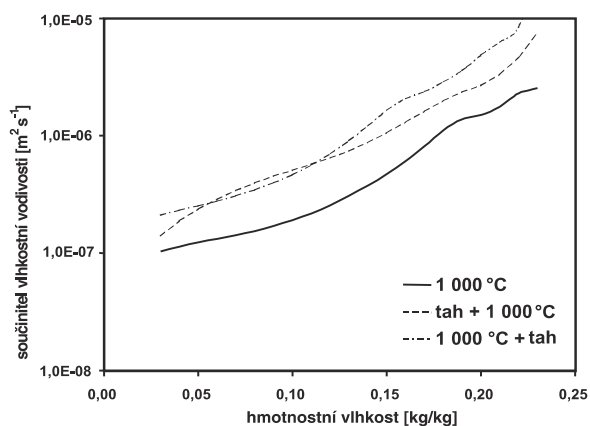
Nárůst hodnot součinitele vlhkostní vodivosti a maximální nasákovosti můžeme přisoudit dvěma zásadním strukturálním změnám, ke kterým dochází při vysokoteplotním



Obr. 3. Součinitel vlhkostní vodivosti materiálu vypáleného na 600 °C a namáhaného tahem



Obr. 4. Součinitel vlhkostní vodivosti materiálu vypáleného na 800 °C a namáhaného tahem



Obr. 5. Součinitel vlhkostní vodivosti materiálu vypáleného na 1 000 °C a namáhaného tahem

namáhání cementového gelu, rozklad $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (přibližně 460 °C) a rozklad gelu C-S-H (mezi 700 a 800 °C). Plynné produkty chemických rozkladných reakcí (vodní pára a oxid uhličitý) mohou způsobit vznik lokálního přetlaku v systému pórů, a následně vznik trhlin, tedy zvětšení pórového prostoru ve vzorku. Růst podílu větších pórů usnadňuje přenos vlhkosti zejména v kapalném stavu. Významný nárůst součinitele vlhkostní vodivosti mezi 800 a 1 000 °C je způsoben s největší pravděpodobností vyhořením uhlíkových vláken.

Materiál byl podroben rovněž namáhání tahem. Obrázek 2 ukazuje, že vliv mechanického namáhání na součinitel vlhkostní vodivosti není výrazný, jeho vzrůst činí přibližně 10 %. Tento výsledek je předvídatelný, protože trhliny způsobené vypalováním jsou vždy širší než trhliny způsobené tahem a hodnoty součinitele κ jsou ovlivněny více jejich šířkou než počtem.

Zbývající obrázky ukazují vliv kombinovaného namáhání, tj. tepelného a mechanického, při teplotách 600, 800 a 1 000 °C (obr. 3 až obr. 5). Ukazuje se, že při kombinovaném namáhání je součinitel κ větší než v případě samotného vypalování při stejné teplotě. Rozdíly dosahují zhruba čtvrt řádu u teploty 600 °C a až půl řádu při teplotách 800 a 1 000 °C. Diference mezi oběma typy kombinovaného namáhání (nejdříve protažení, a pak vypálení, nebo vypálení a následné protažení) jsou z hlediska výsledků měření součinitele vlhkostní vodivosti nepodstatné, tj. v rámci chyb měření.

Závěr

Na základě získaných výsledků můžeme konstatovat, že uhlíková vlákna podstatně zlepšují vlastnosti sledovaného kompozitního materiálu na bázi cementové matrice. Jejich přínos se projevuje ve změnách hodnot součinitele vlhkostní vodivosti po tepelném a mechanickém namáhání. Rozdíly

hodnot u nenamáhaného a namáhaného materiálu jsou v případě tohoto cementového kompozitu výrazně nižší než u cementové malty bez výztuže (nárůst tří řádů mezi teplotami 25 až 800 °C) [3].

Článek vznikl za podpory MŠMT ČR (výzkumný záměr č. J04/98:210000004).

Literatura

- [1] Matano, C.: On the Relation between the Diffusion Coefficient and Concentration of Solid Metals. Jap. J. Phys. 8, 109–113 (1933).
- [2] Hamming, R. W.: The Numerical Methods for Scientists and Engineers. New York, McGraw-Hill 1962.
- [3] Černý, R. – Maděra, J. – Poděbradská, J. – Drchalová, J. – Toman, J. – Klečka, T. – Jurek, K. – Rovnaníková, P.: The Effect of Thermal and Mechanical Load on the Hygric Properties of Concrete. In: Cement and Concrete Technology in the 2000 S. Ankara: TCMA, 2000, pp. 341–350. ISBN 975-8136-09-7.

Drchalová, J. – Toman, J. – Černý, R.: Hygric Parameters of Carbon Fibre Reinforced Cement Composite

The effect of thermal and mechanical load on liquid water transport in a carbon fibre reinforced cement composite is studied in this paper. On the basis of the measured values of moisture diffusivity κ it can be concluded that the deciding factor is the temperature, which the material is subjected to. The differences in κ between 25 °C and 1000 °C exposure are found to be up to two orders of magnitude while the mechanical load in tension leads to only about one half of an order of magnitude increase in κ .

Drchalová, J. – Toman, J. – Černý, R.: Feuchtigkeitsparameter von Zementwitterwerkstoff mit Kohlenstofffasern

Im Artikel wird der Einfluss von thermischen und mechanischen Beanspruchungen von Zementwitterwerkstoffen mit Kohlenstofffasern auf den Transport von Feuchtigkeit im flüssigen Aggregatzustand bewertet. Auf Grund der ermittelten Werte des Feuchtigkeitsleitkoeffizienten kann man feststellen, dass der entscheidende Faktor die Temperatur ist. Die Unterschiede zwischen 25 und 1000 °C betragen bis zu zwei Größenordnungen, während eine Zugbeanspruchung bei einer gegebenen Temperatur eine Erhöhung um maximal eine halbe Größenordnung verursacht.

Předpisy o posuzování vlivů na životní prostředí s komentářem

Petržílek, P. – Guth, J. – Týcová, G.

Nakladatelství ARCH, Praha, 2002, 152 s., 290 Kč

Publikace obsahuje zákon č. 100/2001 Sb., o posuzování vlivů na životní prostředí a o změně některých souvisejících zákonů (zákon o posuzování vlivů na životní prostředí), který se stal platnou součástí našeho právního řádu dne 20. března 2001. Dále zákon č. 244/1992 Sb., o posuzování vlivů rozvojových koncepcí a programů na životní prostředí, ve znění pozdějších předpisů, a prováděcí vyhlášku k těmto zákonům. U všech uvedených předpisů jsou rozsáhlé komentáře.

Stručně k obsahu nového zákona lze říci, že jde o normu upravující především způsob a postup posuzování vlivů staveb a činností (souhrnně označených jako záměry), přičemž proti úpravě obsažené v zákoně č. 244/1992 Sb. již neobsahuje institut posuzování výrobků prováděného formou certifikace, neboť tato problematika je upravena v zákoně č. 22/1997 Sb., o technických požadavcích na výrobky a o změně a doplnění některých zákonů.

Dále jsou do právní úpravy posuzování vlivů na životní prostředí (v souladu se Směrnicí Rady 97/11/EC novelizující Směrnicí Rady 58/337/EEC o posuzování vlivů určitých veřejných a soukromých projektů na životní prostředí) inkorporovány standardní etapy, a to zjišťovací řízení a stanovení rozsahu a obsahu posuzování formou zadání pro zpracování dokumentace o vlivech realizace záměru na životní prostředí na základě oznámením záměru a jeho zveřejnění. V souvislosti s tím je rozdělen předmět posuzování do dvou kategorií, přičemž záměry uvedené v kategorii I podléhají posouzení vždy a záměry uvedené v kategorii II jen pokud se tak stanoví ve zjišťovacím řízení. Tento mechanismus by měl přispět k odstranění stávajících nejasností, zda pro konkrétní záměr (popř. změnu záměru) má být použit proces posuzování vlivů na životní prostředí.

Významným krokem ke zvýšení efektivnosti ovlivňování celého procesu posuzování vlivů na životní prostředí je zapojení dotčených správních úřadů, dotčených obcí a veřejnosti do procesu posuzování již od zveřejnění oznámení záměru. Zákon č. 100/2001 Sb., o posuzování vlivů na životní prostředí, by měl přispět ke zvýšení úlohy preventivních opatření na ochranu životního prostředí, a současně také ke snížení nákladů spojených s procesem odstraňování škod na životním prostředí.

Metodika tisku v grafickém režimu

Ing. Dalibor BARTONĚK, CSc.
VUT – Fakulta stavební
Brno

V článku je popsána metodika tvorby bitové mapy pro tisk kresby ve vektorovém grafickém formátu. Jsou zde uvedeny dvě základní varianty bitové mapy pro 24jehličkovou a laserovou tiskárnu. Na těchto principech je založen tisk i na ostatních běžně používaných tiskárnách. Druhá část příspěvku pojednává o způsobu vytvoření bitové mapy pro konkrétní tiskárnu.

Úvod

Tisk v grafickém režimu patří k nejnáročnějším procesům ze všech tiskových úloh, a to především v případech, kdy grafický formát obrázku, který se má tisknout, neodpovídá principu činnosti dané tiskárny. Tato situace nastává, je-li kresba uložena ve vektorovém grafickém formátu, zatímco běžně používané tiskárny pracují na rastrovém (bitmapovém) principu. Celý úkol lze rozdělit do dvou etap:

- konverze vstupního vektorového grafického formátu na formát rastrový pro potřeby tisku;
- přenos bitmapového souboru vytvořeného v předchozím bodu do tiskárny (realizace tisku).

Cílem konverze je vytvoření bitové mapy kresby přizpůsobené výstupu na tiskárnu. Z hlediska grafického režimu můžeme běžně používané tiskárny rozdělit do kategorií:

- mozaikové s 9jehličkovou tiskací hlavou,
- mozaikové se 24jehličkovou tiskací hlavou,
- laserové.

Téměř všechny typy používají bitovou mapu koncepčně shodnou nebo velmi podobnou některé z uvedených variant. Například inkoustové tiskárny firmy Hewlett Packard pracují v grafickém režimu na podobném principu jako tiskárny laserové, zatímco inkoustové tiskárny ostatních výrobců emulují maticové 24jehličkové tiskárny.

Vytvoření bitové mapy kresby

Těžšíše práce v této části spočívá v analýze vstupního vektorového formátu. Protože jde o problematiku speciální, nebudeme se jí podrobně zabývat. Naznačíme jen základní princip transformace:

- ve vstupním vektorovém formátu HPGL hledáme postupně základní grafické prvky (bod, úsečku, kružnici, text) definované instrukcemi jazyka HPG;
- speciálními procedurami převedeme grafické prvky na úsečky (vektory);
- každou úsečku převedeme z vektorového tvaru do bitmapového ve dvou fázích:
 - a) převod parametrů entit ze souřadného systému (x, y) vstupního vektorového grafického formátu do souřadného systému tiskárny (X, Y) ,
 - b) rozkreslení prvků z vektorové do rastrové formy (rasterizace entit).

Další informace lze nalézt v publikacích [1] nebo [2]. Výsledkem analýzy je mimo jiné i komplexní identifikace grafických prvků (entit) včetně jejich vlastností (atributů).

Ad a) převod ze souřadného systému kresby do souřadného systému tiskárny probíhá podle transformačních vztahů

$$X = X_0 + A_{11}(x_p + x - x_{\min}) - A_{12}(y_p + y - y_{\min}), \quad (1)$$

$$Y = Y_0 - A_{21}(x_p + x - x_{\min}) + A_{22}(y_p + y - y_{\min}), \quad (2)$$

kde x_p , resp. y_p , je posun kresby v ose x , resp. y , vzhledem k počátku souřadnic,

X_0 , resp. Y_0 , jsou okraje kresby na tiskárně v ose X , resp. Y ,

x_{\min} , resp. y_{\min} , jsou hodnoty minimálních souřadnic kresby v ose x , resp. y ,

$$A_{11} = k_x M_x \cos(\alpha) / R_x,$$

$$A_{12} = k_y M_y \sin(\alpha) / R_y,$$

$$A_{21} = k_x M_x \sin(\alpha) / R_x,$$

$$A_{22} = k_y M_y \cos(\alpha) / R_y,$$

k_x , resp. k_y , je rozlišení (krok) vstupního grafického formátu,

M_x , resp. M_y , je měřítko kresby v ose x , resp. y ,

R_x , resp. R_y , je rozlišení tiskárny v ose x , resp. y :

– u mozaikové tiskárny 24 jehel

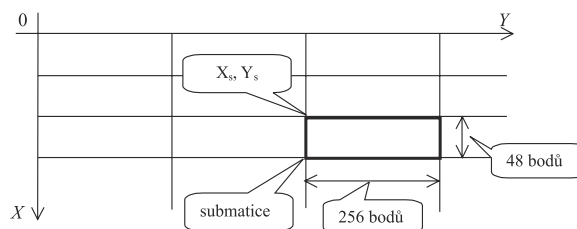
$$R_x = 25,6/360, R_y = 25,6/360 \text{ – plná hustota (kvalitní kresba),}$$

$$R_x = 25,6/180, R_y = 25,6/180 \text{ – poloviční hustota (koncept),}$$

– u laserové tiskárny

$$R_x = 25,6/r, R_y = 25,6/r, \text{ kde } r \text{ je konkrétní rozlišení tiskárny } r = 300/600 \text{ dpi atd.}$$

α je úhel natočení kresby.



Obr. 1. Koncepce bitové mapy pro 24jehličkovou tiskárnu

Pro názornost se podíváme na bitovou mapu 24jehličkové tiskárny na obr. 1. Orientace os je dána pohybem tiskové hlavy ve směru pohybu tiskové hlavy je osa Y , na delší (teoreticky nekonečné) straně formátu ve směru řádkování osa X . Celou efektivní plochu tiskárny si rozdělíme do submatic těchto rozměrů:

- 48 x 256 bodů u tiskáren s hlavou s 24 jehlemi,
- 32 x 256 (u laserových tiskáren a inkoustových tiskáren firmy Hewlett Packard, které metodu laserového tisku emulují).

Protože jde o černobílý tisk nebo barevný tisk v základních barvách (CMY), popř. jejich inverzních kombinacích (prakticky model RGB), stačí mapovat 1 bod obrazu na 1 bit dat. Důvody:

– jde o členění do dlaždic. Je-li v submatici prvek, pak je zpracován. Neobsahuje-li submatice žádný prvek, pak se vůbec nemusí do souboru zařadit (úspora místa). Odpovídající místo se vyplní barvou pozadí;

– 48 bodů v ose X je zapotřebí pro tisk na 24jehličkové tiskárně v nejvyšší hustotě. Každý řádek ve vertikálním směru se tiskne dvakrát s mikroposunem 1/360". Data se

však do pole ukládají tak, že tři slabiky tvoří 1 řádek (24 bitů) jsou umístěny vedle sebe. Proto musíme definovat submatici o dvou řádcích a 3 x 256 sloupcích: S24 [0 ... 1, 0 ... 767];

– 32 bodů v ose X má submatici u laserové tiskárny nebo u tiskáren, které tento způsob tisku bitové mapy emulují (inkoustové tiskárny Hewlett Packard). Tato hodnota byla zvolena empiricky. V praxi se ukázalo, že jde o optimální hodnotu vzhledem k velikosti a rychlosti tvorby bitové mapy. U těchto tiskáren tiskne každá slabika současně 8 mikrosloupců (každý bit 1 mikrosloupec), což odpovídá 32 slabikám ($32 \times 8 = 256$). Submatici bude vypadat takto: S1 [0 ... 32, 0 ... 32];

– 256 bodů v ose Y je výhodné z hlediska rychlého převodu. Při transformaci lze v programu s výhodou využít vztahy:

$$X \text{ div } 256 = \text{Hi} (X)$$

(operace Hi je cca 4x rychlejší než operace div),

$$X \text{ mod } 256 = \text{Lo} (X)$$

(obdobně operace Lo je cca 4x rychlejší než operace mod).

Nevýhodou je, že pro každý bod bitové mapy se souřadnicemi (X, Y) musíme vypočítat (*obr. 1*):

- souřadnice submatice X_s, Y_s ,
- souřadnice slabiky (Byte) X_B, Y_B v rámci submatice,
- pozici bitu ve slabice L_b .

Tuto transformaci provede speciální procedura BOD (X, Y) se vstupními parametry X, Y (souřadnice bodu v bitové mapě tiskárny), která pracuje podle těchto vztahů:

- pro submatici S24 (24jehličková tiskárna):

- a) pozice submatice v bitové mapě:

$$X_s = X \text{ div } 48, \quad Y_s = \text{Hi} (Y)$$

- b) adresa slabiky v submatici:

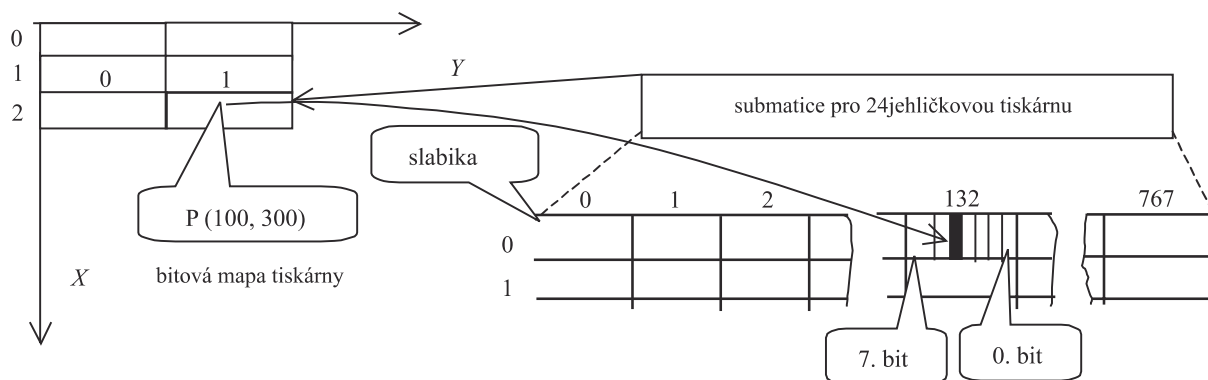
$$X_B = (X \text{ mod } 48) \text{ div } 24, \\ Y_B = 3 \times \text{Lo}(Y) + [(X \text{ mod } 48) \text{ mod } 24] \text{ shr } 3 \\ \text{pro nižší hustotu,} \\ X_B = (X \text{ mod } 48) \text{ and } 1, \\ Y_B = 3 \times \text{Lo}(Y) + [(X \text{ mod } 48) \text{ shr } 1] \text{ shr } 3 \\ \text{pro vyšší hustotu,}$$

- c) pozice bitu (bodu obrazu) ve slabice:

$$L_b = [(X \text{ mod } 48) \text{ mod } 24] \text{ and } 7 \\ \text{pro nižší hustotu,} \\ L_b = [(X \text{ mod } 48) \text{ shr } 1] \text{ and } 7 \\ \text{pro vyšší hustotu.}$$

Zápis daného bodu obrazu se souřadnicemi X, Y se provede do submatice o souřadnici X_s, Y_s příkazem:

$$\text{submat} [X_B, Y_B] = \text{submat} [X_B, Y_B] \text{ or } (128 \text{ shr } L_b)$$



Obr. 2. Transformace bodu $P(100, 300)$ do submatice pro 24 jehličkovou tiskárnu (výpočet indexů – menší hustota tisku)

- a) $X_s = 100 \text{ div } 48 = 2, Y_s = \text{Hi} (300) = 1$, b) $X_B = (100 \text{ mod } 48) \text{ div } 24 = 0, Y_B = 3 \times \text{Lo} (300) + [(100 \text{ mod } 48) \text{ mod } 24] \text{ shr } 3 = 132$
 c) $L_b = [(100 \text{ mod } 48) \text{ mod } 24] \text{ and } 7 = 4$

Tab. 1. Struktura souboru MATICE.NDX (index)

Název	Datový typ	Poznámka
řádek	LongInt	číslo řádku submatice
sloupec	LongInt	číslo sloupce submatice
barva	Byte	barva submatice
pozice	LongInt	ukazatel do souboru "Matice.dat" ↓

Tab. 2. Struktura souboru MATICE.DAT

Název	Datový typ	Poznámka
submatice	pole slabik	velikost podle typu tiskárny ↓

Operace $\text{Shr } 3$ je ekvivalentní operaci $\text{div } 8$, ale je rychlejší (jde jen o logický posun bez použití aritmetické jednotky). Podobně $\text{shr } 1$ je ekvivalentní $\text{div } 2$ a $\text{and } 1$ je ekvivalentní operaci $\text{mod } 2$, a konečně $\text{and } 7$ je ekvivalentní operaci $\text{mod } 8$. Příklad transformace bodu P se souřadnicemi $(100, 300)$ z bitové mapy do submatice pro 24jehličkovou tiskárnu s menším rozlišením tisku je na *obr. 2*.

Pro submatici S_1 (laserová tiskárna) použijeme vztahy:

- a) pozice submatice v bitové mapě:

$$X_s = X \text{ div } 32, \quad Y_s = \text{Hi} (Y),$$

- b) adresa slabiky v submatici:

$$X_B = (X \text{ mod } 32), \quad Y_B = (Y \text{ div } 8) \text{ mod } 32,$$

- c) pozice bitu (bodu obrazu) ve slabice:

$$L_b = Y \text{ mod } 8.$$

Zápis daného bodu obrazu se souřadnicemi X, Y se provede do submatice se souřadnicemi X_s, Y_s příkazem:

$$\text{submat} [X_B, Y_B] = \text{submat} [X_B, Y_B] \text{ or } (128 \text{ shr } L_b)$$

Pro uložení bitové mapy použijeme indexové sekvenční databázové soubory s názvem MATICE.DAT s indexem MATICE.NDX, které jsou organizovány podle *tab. 1* a *tab. 2*.

Ad b) vlastní rasterizace prvků probíhá podle osvědčených algoritmů. V našem případě jde o tři typy algoritmů:

- úsečky,
- oblouků, kružnic a křivek,
- textů.

Základem všech algoritmů je rasterizace úsečky, protože konverze oblouků, kružnic a křivek probíhá tak, že se tyto prvky nejdříve aproximují úsečkami (krok je implicitně 5°). Texty jsou v podstatě entity složené z úseček, oblouků, kružnic a křivek, takže situace je zde obdobná. Pro rasteri-

zaci úsečky použijeme Bresenhamův algoritmus [3]. Pro složitější kresbu však s tímto algoritmem nevystačíme, protože je třeba vyřešit:

- **tloušťku čar**, tj. vychází se z nejtenčí čáry, kterou je daná tiskárna schopna vytvořit. U jehličkových tiskáren je to přibližně 0,2 mm, u inkoustových asi 0,1 mm a u laserových 0,05 mm. Tlustší čáry se jednoduše skládají z čar tenkých, které se umísťují na základní středovou čáru střídavě z obou stran. Problémem zůstává jejich napojování. Pokud na sebe navazují pod jiným úhlem než 0 nebo 90°, pak čím jsou čáry tlustší, tím více působí spoj rušivě (obr. 3a). Proto byl vytvořen speciální algoritmus, který vytváří u tlustších čar zaoblené konce, takže spoje jsou bez přesahu (obr. 3b);



Obr. 3. Způsoby napojení tlustých čar
a – ostré zakončení, b – zaoblené zakončení

- **typy čar** (plná, čárkovaná, tečkovaná apod.) se generují tak, že mezi dva body, které se mají spojit, nanášíme těsně za sebou příslušné vzory čar. Pro každý typ čáry je definován vzor ve formě číselného pole konstant. Kladné číslo udává rozměr čárky, záporné číslo rozměr mezery. Rozměry jsou zapsány jako poměrné normalizované veličiny, přičemž délku vzoru považujeme za jednotkovou. Konkrétní délka vzoru čáry je odvozena od velikosti formátu papíru. Jednotlivé typy čar mají vzor definován takto:

[0.01, -0.98, 1.00, 0, 0, 0]	– tečkovaná čára,
[0.50, -1.00, 1.00, 0, 0, 0]	– čárkovaná čára s poměrem čárka/mezera 1 : 1,
[0.75, -1.00, 1.00, 0, 0, 0]	– čárkovaná čára s poměrem čárka/mezera 3 : 1,
[0.75, -0.87, 0.88, -1, 0, 0]	– čerchovaná čára,
[0.75, -0.833, 0.916, -1.0, 0.00, 0]	– čerchovaná čára s čárkou,
[0.75, -0.800, 0.850, -0.9, 0.95, -1]	– čerchovaná čára se dvěma čárkami.

Poslední vzor (čerchovaná čára se dvěma čárkami) se v programu interpretuje tak, že od začátku se nakreslí plná čára v délce 0,75 celého vzoru, pak následuje mezera od 0,75 do 0,80, tj. 0,05 délky vzoru, potom se nakreslí čárka od konce mezery do 0,85, tj. opět 0,05 délky vzoru, dále navazuje mezera od 0,85 do 0,90 (zase 0,05) délky vzoru, pak je opět čárka, a konec vzoru tvoří mezera 0,05 délky celého vzoru. V programu jsou dále ošetřeny případy, aby nedocházelo k napojování nebo lomení čar v mezerách vzorů;

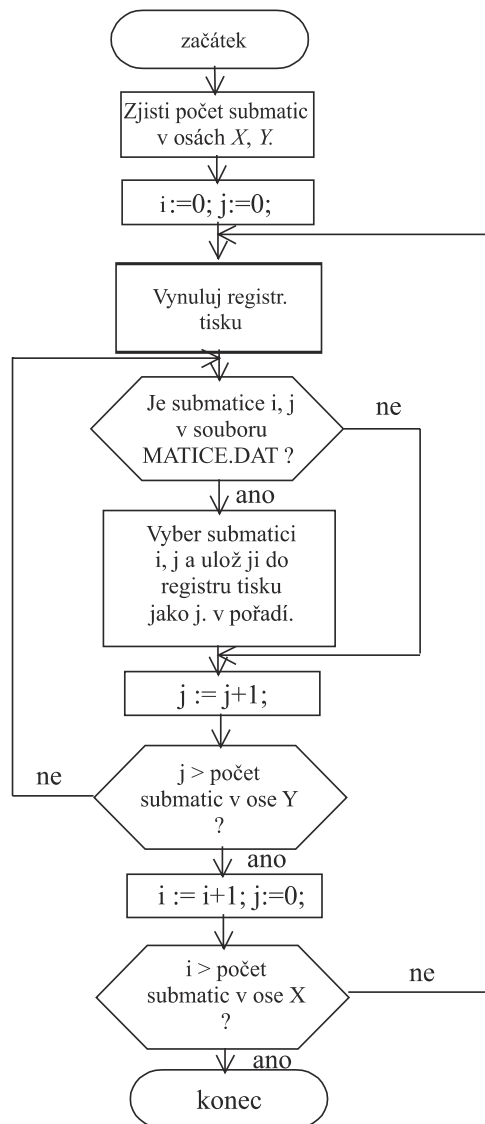
- **barvy čar** mimo základní paletu (CMY, RGB), např. hnědá nebo oranžová, kterou požadují např. geodetické kanceláře pro výkresy určené SPT Telecom. Jde o situaci, která se v počítačové grafice označuje termínem tónový tisk nebo rozptylování [3]. Protože u tiskáren (vyjma sublimačních) není možné regulovat množství barvy do jednoho bodu, lze vytvořit jen omezené barevné odstíny, tj. CMY + RGB + černá + bílá. Ve výkresech však potřebujeme např. hnědou (kreslení kanálů) nebo oranžovou (veřejné osvětlení). Dojem hnědé barvy vytvoříme tak, že nakreslíme čáru červenou (purpurová + žlutá) a každý pátý bod této čáry přebarvíme na černou. Podobně oranžovou získáme tak, že do červené čáry (purpurová + žlutá) přebarvíme každý pátý bod žlutou. Tato metoda dává uspokojivé výsledky, ale prodlužuje tisk (čáru musíme tisknout natřikrát).

Přenos bitmapového souboru do tiskárny

Tento proces má dvě základní části:

- **výběr submatic** ze souboru MATICE.DAT a jejich sestavení do registru tisku. Registr tisku je paměť na jeden grafický řádek tisku (1 grafický řádek je množina mikrořádků podle typu tiskárny – počet mikrořádků je totožný s počtem bodů ve sloupci submatice), jejíž velikost je dána formátem tiskárny (A4/A3), rozlišením kresby a uspořádáním slabik v submatici. Pro jednotlivé typy tiskáren (uvažujeme max. formát A3 a nejvyšší rozlišení) je zapotřebí definovat tyto registry tisku:

- Array T24 [1 ... 2, 0 ... 13 000] of byte; pro 24jehličkovou tiskárnu (6 slabik v ose X, z toho 2 prokládané a další 3 ve druhé dimenzi submatice, tj. v ose Y – viz obr. 2, v rozlišení 360 dpi je $3 \times 360 \times 297/25.4 = 12\,629$ zaokrouhleno na 13 000),
- Array Tlas [1 ... 32, 0 ... 630] of byte; pro laserovou tiskárnu (v ose X jen 1 slabika, v ose Y 1 slabika reprezentuje 8 bodů; v rozlišení 600 dpi, formát A4 je $300 \times 210/25.4/8 = 620$, zaokrouhleno na 630).



Obr. 4. Algoritmus naplňování registru tisku submaticemi ze souboru MATICE.DAT

Registr tisku se naplňuje ze souboru MATICE.DAT a MATICE.NDX podle algoritmu, který je znázorněn ve formě vývojového diagramu na obr. 4;

- vlastní tisk probíhá ve třech etapách:
 - tiskárnu je třeba uvést do výchozího stavu. K tomu je k dispozici řídicí posloupnost znaků uvozená znakem #27, tj. <ESC>. Proto se této posloupnosti říká posloupnost <ESC>. Každý typ tiskárny má vlastní posloupnost, např. jehličkové používají <ESC>@. Inicializační posloupnost i další příkazy pro řízení tisku dané tiskárnou by měly být uvedeny v programátorské příručce [4];
 - nastavení grafického režimu se rovněž provádí pomocí posloupnosti <ESC>, např. pro tiskárnu se 24jehličkami se tzv. „Hex Density“ (360 dpi) nastavuje posloupností #27*'#40. Opět doporučujeme podívat se do manuálu tiskárny [4];
 - přenos dat z registru tisku do tiskárny s následným tiskem jednoho grafického řádku probíhá ihned po přepnutí do grafického režimu jednoduše tak, že jednotlivé slabiky registru tisku, které tvoří 1 grafický řádek, se pošlou do tiskárny. Po vytisknutí grafického řádku se vydá příkaz k posunu:
 - o 1 mikrořádek při tisku v nejvyšším rozlišení. U tiskárny s 24 jehly (hustota 360 dpi) je to poprvé instrukcí #13#27+'#1#10 (posun o 1/360 inch v ose X), podruhé instrukcí #13#27+'#47#10,
 - 1 grafický řádek, např. v menším rozlišení (180 dpi) se u tiskárny s 24 jehličkami tiskne celý najednou a posuv na další je realizován instrukcí #13#27+'#48#10. U laserové tiskárny se také tiskne celý grafický řádek najednou a na další řádek se posouvá (ve směru osy X) automaticky tím, že se do posloupnosti <ESC> explicitně zadá počet slabik na 1 řádek, např. #27*'b'#n'W', kde n je počet slabik na 1 řádek.

Závěr

Koncepce tvorby bitové mapy pro výstup na tiskárnu byla použita v programu HPGLPRIN [5]. Vstupním formátem byl soubor s kresbou v jazyku HPGL. V době, kdy převažoval operační systém MS DOS, měl program poměrně značné využití, a to buď jako samostatný, nebo v různých aplikacích. Po nástupu operačních systémů typu WINDOWS již jeho uplatnění pozbylo smyslu, ale může sloužit jako metodická pomůcka pro snadnější pochopení tisku v grafickém režimu, protože je velmi pravděpodobné, že procedury pro grafický tisk zabudované do systému Windows pracují na podobných principech.

V programu HPGLPRIN je využíván i algoritmus pro tisk na tiskárně s 9jehličkovou tiskací hlavou, ale problematika tvorby bitové mapy i jejího tisku je složitější, protože jeho hustota se v ose x a y liší. Navíc se tyto tiskárny používají zřídka, proto se jimi tento článek nezabývá.

Literatura

- [1] Mana, Z.: Matematická teorie programů. Praha, SNTL 1981, 468 s.
- [2] Wirth, N.: Algoritmy a štruktúry údajov. Bratislava, ALFA 1989, 488 s.
- [3] Žára, J. – Beneš, B. – Felkel, P.: Moderní počítačová grafika. Praha, Computer Press 1998, 448 s.
- [4] Firemní manuály tiskáren – programátorská část.
- [5] Sedláček, S. – Bartoněk, D.: Program HPGLPRIN. [Uživatelská příručka], Brno, SHINE 1996.

Bartoněk, D.: Methods of Printing in the Graphical Format

This article deals with a method of bitmap creation used for printing in the vector graphical format. This paper presents two basic variants of bitmaps, including one for a 24-pin matrix and another for a laser printer. Printing on other commonly used printers is based on these principles as well. The other part of this paper describes a way of creating bitmaps for a specific printer.

Bartoněk, D.: Druckmethodik im Grafikregime

Dieser Artikel beschreibt ein Herstellungsverfahren einer Bitmatrize für den Druck einer Zeichnung im grafischen Vektorformat. Es werden hier auch zwei grundlegende Varianten von Bitmatrizen für 24-Nadel und Laserdrucker vorgestellt. Auf diesen Prinzipien beruht auch der Druck auf anderen gewöhnlich gebrauchten Druckern. Der zweite Teil des Artikels behandelt die Methode der Bitmatrizenausgabe an einen bestimmten Drucker.



Katedra geotechniky Fakulty stavební ČVUT v Praze

si dovoluje oznámit,
že otevírá již IV. běh speciálního kurzu

GEOTECHNICKÉ INŽENÝRSTVÍ

Výuka v dvousemestrovém studiu formou dvoudenních soustředění (čtvrtek, pátek) bude probíhat jedenkrát za měsíc. Přijetí ke studiu bude potvrzeno na základě přihlášky. Kurz bude otevřen při minimálním počtu patnácti zájemců dne 27. 3. 2003. Náklady na studium hradí zájemci z vlastních zdrojů. Účastnický poplatek, stanovený podle počtu zájemců, by neměl přesáhnout 13 500 Kč (pro členy ČKAIT sleva 20 %).

Cílem výuky je prohloubení geotechnických znalostí stavebních inženýrů, seznámení s nejnovějšími poznatky a informacemi z oboru. Kurz bude ukončen vypracováním případové studie. Účastníci získají osvědčení o absolvování studia.

Informace: Katedra geotechniky Fakulty stavební ČVUT, Thákurova 7, 166 29 Praha 6, tel. 224 354 557 pí. Picková, fax: 233 334 206, tel.: 224 354 542 doc. Jettmar, 224 354 353 ing. Reiser, e-mail: jettmar@fsv.cvut.cz, pickova@fsv.cvut.cz

Moderní optické metody měření vibrací v průmyslu – bodové techniky

Ing. Jiří NOVÁK
 ČVUT – Fakulta stavební
 Praha

Článek popisuje fyzikální princip optického bezkontaktního měření vibrací povrchů konstrukcí a konstrukčních částí v průmyslové praxi. Zaměřuje se na bodové techniky, které umožňují velmi přesně měřit dynamické změny tvaru měřeného objektu, tj. vibrace, v diskrétních bodech na jeho povrchu. Uvádí aplikace měřicích zařízení z praxe včetně zřejmých výhod proti klasickým kontaktním metodám měření vibrací.

Úvod

V mnoha oblastech vědy a techniky je v současnosti nutné velmi přesně měřit a automaticky v reálném čase vyhodnocovat dynamické změny tvaru různých průmyslových či stavebních konstrukcí. **Vibrace** bodů povrchu měřeného objektu lze získat dvěma odlišnými způsoby, a to buď **kontaktním**, nebo **bezkontaktním**. Při prvním způsobu se vibrace získávají zejména pomocí kontaktních senzorů založených na časové změně měřitelných elektromagnetických veličin, jako je elektrické napětí, kapacita a indukčnost [1], [2], jež jsou úměrné měřeným vibracím. Jde o různé druhy akcelerometrů a kapacitních, indukčních a magnetických senzorů polohy, které musí být přiloženy nebo připevněny k vibrujícímu objektu. Jejich hlavní nevýhodou je nutnost mechanického kontaktu s měřeným objektem. Sensory svou hmotností a tuhostí mohou ovlivnit průběh a výsledky měření, jelikož se pohybují současně s objektem. Tyto metody je v podstatě nemožné použít rovněž v případech, kdy senzor nelze na objekt připevnit, ať již z důvodů technických (obtížně dostupná místa, miniaturní konstrukce měřeného objektu atd.), nebo proto, že by mohlo dojít k jeho zničení či vážnému poškození. Další nevýhodou může být to, že měření se provádějí pouze v několika určených bodech na povrchu objektu.

Na rozdíl od kontaktních se **bezkontaktní metody** vyznačují tím, že jsou nedestruktivní a přímo (mechanicky) měřený objekt neovlivňují. **Optické** bezkontaktní metody pro měření vibrací průmyslových konstrukcí vibrací jsou založeny na interakci optických vlnových polí, ať již koherentních, či nekoherentních, s povrchem měřeného objektu. Po odrazu od povrchu objektu jsou vlastnosti, např. fáze, amplituda, polarizace, takovýchto polí modifikovány. Na základě změny jejich fyzikálních vlastností je potom možné vhodnými metodami určit veličiny charakterizující vibrace měřeného povrchu, např. posunutí, rychlost nebo zrychlení bodů povrchu.

Existuje mnoho optických metod pro měření vibrací, které se odlišují principem měření. Mohou to být projekční techniky, které využívají projekce periodických struktur, např. proužků, na povrch měřeného objektu pomocí nekoherentních zdrojů záření a následného snímání kamerou CCD a vyhodnocování různými způsoby [3]. Dále jsou to metody využívající aproximace optických vlnových polí v rámci geometrické optiky [4]. U těchto metod se sleduje

změna geometrických parametrů tvarově definovaných optických svazků, které jsou po odrazu od vibrujícího předmětu detekovány optoelektronickými senzory polohy, např. maticovými s nábojově vázanou strukturou (CCD), nebo polohově citlivými detektory (PSD). V neposlední řadě je možné použít interferometrické metody, např. holografické interferometrie, dopplerovské interferometrie a speklinterferometrie [5]–[7] založené na principu interference koherentních vlnových polí po interakci s povrchem měřeného objektu a následném automatickém vyhodnocení časového průběhu vibrací. Pro nesporné výhody jsou interferometrické metody v praxi značně rozšířené.

Dále se zaměříme na jednu z bezkontaktních optických metod – **laserovou dopplerovskou interferometrii**. Jak již z názvu vyplývá, je založena na principu Dopplerova jevu a na interferenčních vlastnostech světla. Spočívá ve vyhodnocování signálu časově proměnného interferenčního pole vzniklého superpozicí referenčního a předmětového vlnového pole, jehož frekvence je vzhledem k interakci s pohybujícím se měřeným objektem změněna o **dopplerovský posuv**. Touto metodou je možné měřit vibrace s amplitudou v řádu 10^{-9} m a rozsahu frekvencí do několika megahertzů. Pro měření se používá koherentní zdroj záření – laser.

Laserová dopplerovská interferometrie

Nejprve si stručně připomeňme teorii Dopplerova jevu pro elektromagnetické vlny. Na základě Lorentzovy transformace lze dokázat, že pro transformaci frekvence f a směru šíření \mathbf{n} rovinné elektromagnetické vlny platí vztahy [8]

$$f' = f \alpha (1 - \beta \mathbf{n}),$$

$$\mathbf{n}' = \frac{1}{\alpha(1 - \beta \mathbf{n})} \left[\mathbf{n} - \alpha \beta + \frac{(\alpha - 1) \beta \otimes \beta}{\beta^2} \mathbf{n} \right], \quad (1a)$$

$$f = f' \alpha (1 + \beta \mathbf{n}'),$$

$$\mathbf{n} = \frac{1}{\alpha(1 + \beta \mathbf{n}')} \left[\mathbf{n}' + \alpha \beta + \frac{(\alpha - 1) \beta \otimes \beta}{\beta^2} \mathbf{n}' \right], \quad (1b)$$

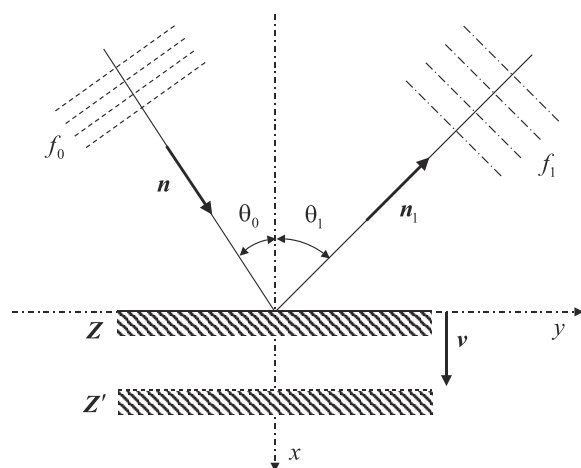
kde

$$\alpha = \frac{1}{\sqrt{1 - \beta^2}}, \quad \beta = (\beta_x, \beta_y, \beta_z) = \frac{\mathbf{v}}{c}$$

a kde dále f' je frekvence zdroje elektromagnetického záření v inerciální soustavě S' , jež se vůči pozorovateli, spojeném se vztažnou soustavou S , pohybuje rychlostí \mathbf{v} , f je frekvence vlnění měřená pozorovatelem, c je rychlost světla a \mathbf{n} , resp. \mathbf{n}' , jsou normálové vektory k vlnoploše v soustavě S , resp. S' .

Nyní se zaměříme na situaci, která nastává při dopadu a odrazu rovinné elektromagnetické vlny na pohybující se rovinném zrcadle. Jak uvidíme dále, je tento modelový příklad obdobný situaci, která nastává při zkoumání vibrací povrchu měřeného objektu.

Provedeme určité zjednodušení vztahů (1) tím, že budeme uvažovat nepohyblivou soustavu souřadnou S , vůči které se druhá inerciální soustava S' (zrcadlo) pohybuje rychlostí \mathbf{v}



Obr. 1. Transformace vlastností rovinné vlny po odrazu od pohybujícího se zrcadla

podél kladné osy x . Vzájemná poloha souřadných soustav S a S' byla zvolena tak, že osy x a x' spolu splývají a osy y, z a y', z' jsou navzájem rovnoběžné. Jednotkový směrový vektor normály k vlnoploše $\mathbf{n} = (n_x, n_y, n_z) = (\cos\theta_0, \sin\theta_0, 0)$ dopadající rovinné vlny ležící v rovině xy svírá s kladným směrem osy x úhel $\theta_0 < \pi/2$ (obr. 1). Využitím transformačních vztahů (1) pro přechod mezi souřadnými soustavami S (pozorovatel) a S' (zrcadlo) a uvážením zákona odrazu od nepohyblivého zrcadla pro dopadající rovinnou vlnu, kdy se frekvence vlnění nemění a úhel odrazu je roven úhlu dopadu, dostáváme pro transformaci frekvence a směru odražené vlny pro nerelativistický případ, tj. $\beta = v/c \ll 1$ [8]

$$\begin{aligned} f_1 &= f_0(1 - 2\beta \cos\theta_0) = f_0(1 - 2vn/c), \\ n_{x1} &= \cos\theta_1 = -\cos\theta_0 + 2\beta(\sin\theta_0)^2, \\ n_{y1} &= \sin\theta_1 = \sin\theta_0(1 + 2\beta \cos\theta_0). \end{aligned} \quad (2)$$

kde f_0 je frekvence dopadajícího vlnového pole, f_1 je frekvence odraženého vlnového pole a θ_1 je úhel, který svírá normála k ploše rovinného zrcadla se směrovým vektorem šíření odražené vlny $\mathbf{n}_1 = (n_{x1}, n_{y1}, n_{z1})$. Toto jsou obecné vztahy pro zákon odrazu rovinné vlny od zrcadla, které se pohybuje rychlostí $v \ll c$. Podrobnější odvození uvedených vztahů (2) může čtenář nalézt ve specializované literatuře věnující se teorii elektromagnetického pole a speciální teorii relativity [3]. Ke stejnému vztahu pro změnu frekvence odraženého světla lze dojít též úvahou popsanou v [8].

Jak je z uvedených vztahů zřejmé, vlna od pohybujícího se zrcadla se odráží pod větším úhlem než od nepohyblivého se zrcadla a frekvence odraženého vlnění je menší než frekvence vlnění dopadajícího. Vzdaluje-li se tedy měřený objekt, frekvence odraženého vlnění se snižuje, a naopak, jestliže se měřený objekt přibližuje, potom se frekvence zvyšuje. Vztahy (2) nacházejí uplatnění v mnoha měřicích přístrojích a zařízeních v technické praxi, např. u laserových vibrometrů, radiolokačních systémů.

Nyní se zaměříme na využití získaných poznatků v oblasti měření vibrací. Metoda měření využívající Dopplerova jevu byla rozvinuta na základě dopplerovského bezkontaktního měření rychlosti proudění tekutin. Zdroj koherentního záření a princip optické heterodynní detekce [3], [9] se využívá k demodulaci dopplerovského posuvu frekvence vlnového pole, které je po odrazu od měřeného povrchu detekováno a analyzováno vhodnými metodami. Laserové

dopplerovské vibrometry umožňují měřit bezkontaktním způsobem rychlost a absolutní posunutí měřených bodů na povrchu vibrujícího objektu. Fyzikálním principem měření je sledování změny frekvence odraženého světla od pohybujícího se měřeného objektu. Tato frekvenční změna je popsána vztahy (2). V praxi lze často malou část povrchu objektu v místě, od kterého se laserový svazek odráží, považovat za rovinné zrcadlo s jistou mírou odrazivosti, přičemž odrazivost měřeného povrchu se může zvětšit speciálními materiály, např. odraznou fólií, zrcátkem. Vlnové pole dopadající na tuto malou plochu můžeme též aproximovat pomocí rovinných vln. Máme tedy situaci obdobnou modelovému příkladu. Předpokládaná frekvence měřených mechanických vibrací je v porovnání s frekvencí optického záření v daném prostředí zanedbatelná, a tudíž je možné považovat pohybující se zrcadlo v daném okamžiku za inerciální soustavu, jež se pohybuje rychlostí v vůči pozorovateli. Potom je možné použít obecné rovnice (2), popisující dopplerovskou změnu frekvence odraženého záření, k vyšetřování okamžité rychlosti měřené oblasti na povrchu sledovaného objektu.

Vibrometry pracují na principu laserové dopplerovské interferometrie. Záření z laseru je rozděleno na dva svazky, z nichž jeden interaguje s měřeným vibrujícím předmětem, který na základě Dopplerova jevu změní jeho frekvenci. Tento svazek poté interferuje s referenčním svazkem a společně vytvářejí interferenční strukturu, která je zachycena vhodným detektorem optického záření. Časově proměnné interferenční pole zahrnuje informaci o dopplerovském posuvu frekvence $\Delta f_D(t)$, jenž je přímo úměrný rychlosti pohybu $v(t)$ měřeného předmětu, a fáze $\varphi(t)$ interferenčního pole nese informaci o posunech $d(t)$ předmětu v měřeném místě povrchu. Jako zdroj záření se používá nejčastěji laser He-Ne nebo některý polovodičový laser s výkonem několika miliwattů v kontinuálním režimu. Předpokládejme, že **referenční** a **předmětové** vlnové pole jsou lineárně polarizovaná se shodným směrem polarizace. Potom můžeme psát:

- referenční vlnové pole

$$U_R = A_R \cos(2\pi f_R t + \varphi_R), \quad (3)$$

- předmětové vlnové pole

$$U_O = A_O \cos(2\pi f_O t + \varphi_O), \quad (4)$$

kde A_R a A_O jsou amplitudy, f_R a f_O jsou frekvence, φ_R a φ_O jsou počáteční fáze uvedených vlnových polí. Výsledné interferenční vlnové pole U vzniká superpozicí referenčního a předmětového pole, tj. pro intenzitu tohoto vlnění platí [5], [9]

$$\begin{aligned} I = |U|^2 &= |U_R + U_O|^2 = A_R^2 \cos^2(2\pi f_R t + \varphi_R) + \\ &+ A_O^2 \cos^2(2\pi f_O t + \varphi_O) + A_R A_O \cos[2\pi(f_R + f_O)t + \psi] + \\ &+ A_R A_O \cos[2\pi\Delta f_D t + \psi], \end{aligned} \quad (5)$$

kde pokud

$$\begin{aligned} f_R > f_O &\Rightarrow \Delta f_D = f_R - f_O \text{ a } \psi = \varphi_R - \varphi_O, \\ f_R < f_O &\Rightarrow \Delta f_D = f_O - f_R \text{ a } \psi = \varphi_O - \varphi_R. \end{aligned}$$

První tři členy vztahu (5) reprezentují oscilace intenzity interferenčního pole s vysokými frekvencemi $2f_R$, $2f_O$ a $(f_R + f_O)$. Tyto frekvence jsou při užití běžných koherentních zdrojů světla, např. laseru He-Ne, v řádu 10^{14} až 10^{15} Hz. Tak vysoké frekvence není možné demodulovat přímo ze záznamenaného interferenčního signálu vzhledem k detekční době současných detektorů optického záření. Fotoelektrické detektory mají detekční čas řádově 10^{-10} s, a neumožňují

tedy měřit okamžitou hodnotu intenzity vlnového pole, ale pouze zaznamenat časovou střední hodnotu energie za detekční čas. Pokud tedy provedeme časové středování intenzity vlnového pole, potom se uvedené vysokofrekvenční členy projeví pouze jako konstantní člen ve výsledném detekovaném interferenčním signálu. Naopak, poslední člen ve vztahu (5) osciluje s frekvencí, která je rovna rozdílu f_R a f_O . Tyto oscilace mohou být již detekovány běžnými detektory optického záření, jelikož dopplerovský frekvenční posuv Δf_D , způsobený běžnými rychlostmi pohybu povrchu měřeného objektu, je řádově v rozmezí několika megahertzů. Pro výsledné rozdělení intenzity interferenčního pole, detekované v bodě r , lze potom psát

$$I(\mathbf{r}, t) = A(\mathbf{r}) + B(\mathbf{r}) \cos [2\pi \Delta f_D(t) t + \psi(\mathbf{r})], \quad (6)$$

kde $A(\mathbf{r})$, $B(\mathbf{r})$ jsou časově konstantní členy vyjadřující střední hodnotu signálu a jeho modulaci a $\Delta f_D(t)$ je dopplerovský posuv frekvence, který přímo souvisí s rychlostí pohybu měřeného povrchu (2) v daném čase t . Vzhledem k tomu, že fotoproud i generovaný v polovodičovém detektoru optického záření je přímo úměrný optickému výkonu dopadajícího záření, lze pro měřený signál psát v obdobném tvaru jako (6), tj.

$$i(t) = a + b \cos [2\pi \Delta f_D(t) t + \psi], \quad (7)$$

Tento signál lze vyhodnocovat běžným způsobem používaným při demodulaci frekvenčně modulovaných rádiových signálů [10], např. použitím oscilátoru PLL (Phase-Locked Loop). Vyhodnocením a zpracováním signálu (7) lze tak zjistit dopplerovský posuv frekvence, který již přímo souvisí s rychlostí a posunutím povrchu vibrujícího objektu v daném okamžiku a v daném místě.

Z předchozího popisu fyzikálního principu metody je zřejmé, že vyhodnocováním interferenčního signálu (7) je možné měřit velikost vektoru rychlosti, ale nelze získat informaci o změně směru pohybu, neboť dopplerovský frekvenční posuv nezávisí na směru rychlosti. Zaznamenaný frekvenční posuv tedy nezáleží na tom, zda se měřený objekt vzdaluje či přibližuje danou rychlostí vzhledem k místu pozorování. Další nevýhodou takového uspořádání je nemožnost měřit velmi malou rychlost vibrací, tj. v případě, blíží-li se frekvenční posuv nule. Tento problém je v praxi možné například řešit tím, že jeden z dopadajících svazků je proti druhému frekvenčně posunut. Pro frekvenční posun referenčního svazku lze použít akusticko-optický (tzv. Braggova cela) nebo elektrooptický (tzv. Pockelsova cela) frekvenční modulátor, které využívají akusticko-optický, resp. elektrooptický jev pro posuv frekvence procházejícího záření [9]. U Braggovy cely pro frekvenční modulaci svazků je možný minimální frekvenční posuv v řádu desítek megahertzů, což je ještě dosti vysoká frekvence pro demodulaci detekovaného signálu, a proto pro detekci malých rychlostí se často používá frekvenční modulace v referenčním i objektovém svazku s frekvenčním rozdílem $\Delta\Omega$ přibližně 1 MHz. Výhodou uspořádání s frekvenčním modulátorem je tedy možnost měření změny směru rychlosti a měření velmi malých rychlostí. Jestliže budeme uvažovat, že předmětový svazek dopadá na měřenou oblast objektu a odražené vlnové pole je detekováno ve stejném směru, tj. $\theta = 0$ (obr. 1), potom podle (2) platí pro dopplerovský posuv frekvence v časovém okamžiku t

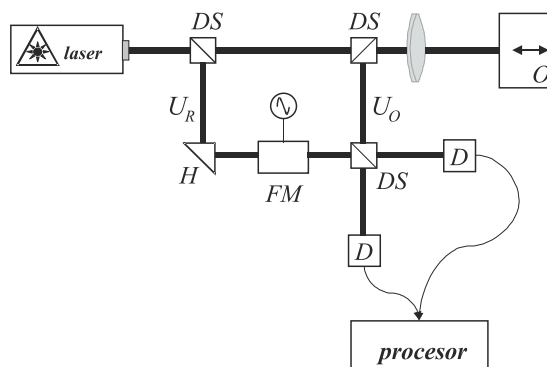
$$\Delta f_D(t) = \Delta\Omega + f_R - f_O(t) = \Delta\Omega + \frac{2v(t)}{c} f_R, \quad (8)$$

přičemž

$$v(t) > 0 \Rightarrow f_R - f_O(t) > 0 \dots \text{vzdalující se objekt,}$$

$$v(t) < 0 \Rightarrow f_O - f_R(t) < 0 \dots \text{přibližující se objekt.}$$

Je vidět, že nyní již můžeme vyhodnocovat jak velikost, tak směr rychlosti vibrujícího objektu pomocí měření signálu (6), do něhož dosadíme vztah (8).



Obr. 2. Schéma laserového vibrometru

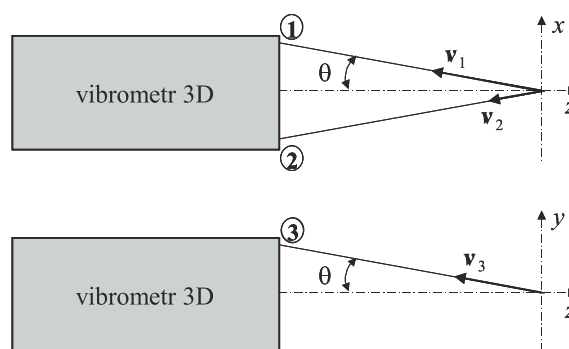
Uspořádání měřicího zařízení

Na obrázku 2 je znázorněno schéma uspořádání prvků laserového vibrometru. Optický svazek vycházející z laseru je pomocí děliče svazku (DS) rozdělen na dva svazky. První, tzv. předmětový svazek, dopadá na vibrující měřenou oblast (O) a od ní se odráží zpět, kde je jeho chod usměrňován pomocí děliče svazku (DS) a dopadá na detektor (D). Druhý, tzv. referenční svazek, je přes odrazný hranol zaveden do frekvenčního modulátoru (FM), ze kterého poté vychází frekvenčně posunutý svazek. Tento svazek, s posunutou frekvencí podle (9), potom dopadá na detektor optického záření (D), kde interferuje s předmětovým svazkem. Frekvenčně modulovaný analogový interferenční signál z detektoru je poté zpracován pomocí digitálního signálového procesoru. Laserovými vibrometry lze měřit nejen jednu složku vektoru rychlosti, např. ve směru, kde předpokládáme maximální amplitudu vibrací, ale všechny tři složky vektoru rychlosti. Na obrázku 3 je naznačeno principiální schéma pro takovéto měření. Vibrometr používá tři nezávislé předmětové svazky (označené 1–3), které svírají s osou z úhel θ . Je měřena velikost rychlosti vibrací v_1 , v_2 a v_3 ve zvolených směrech a pomocí jednoduchých geometrických vztahů mohou být vypočteny složky vektoru rychlosti ve zvoleném kartézském systému (x , y , z). Platí

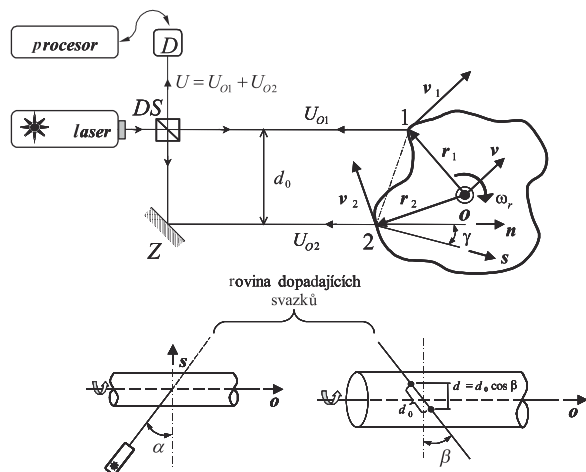
$$v_x = (v_2 - v_1) / 2 \sin \theta, \quad (9a)$$

$$v_y = (v_3 - v_2 \cos \theta) / \sin \theta, \quad (9b)$$

$$v_z = (v_2 + v_1) / 2 \cos \theta. \quad (9c)$$



Obr. 3. Schéma trojrozměrného měření vibrací



Obr. 4. Měření vibrací na rotujících objektech

Použitím dopplerovské interferometrie lze zjišťovat nejen podélné či příčné vibrace povrchu, ale též úhlové vibrace na rotujících objektech, tj. lze měřit časové změny frekvence otáčení. Pro měření tohoto typu vibrací se používají dva předmětové svazky. Na obrázku 4 je schematicky znázorněn princip měřicího zařízení, kde je naznačen příčný řez rotující tyčí libovolného tvaru s osou otáčení o , která se otáčí v daném okamžiku úhlovou rychlostí ω_r , a zároveň může vibrovat jako tuhé těleso rychlostí v . Svazek vycházející z laseru je rozdělen pomocí děliče svazku DS a zrcadla Z na dva rovnoběžné svazky stejné intenzity s roztečí d_0 . Tyto svazky dopadají na rotující tyč v bodech 1 a 2 ve směru definovaném jednotkovým směrovým vektorem n , přičemž obvodové rychlosti v těchto místech jsou v_1 , resp. v_2 .

Oba svazky po odrazech na zrcadle a děliči svazků interferují a výsledné interferenční pole je zaznamenáváno na detektoru optického záření D . Pro dopplerovskou frekvenci detekovaného interferenčního signálu lze odvodit

$$\Delta f_D = \frac{4\pi}{\lambda} f_r \mathbf{n} [\mathbf{o} \times (\mathbf{r}_1 - \mathbf{r}_2)] = \frac{4\pi}{\lambda} f_r |\mathbf{r}_1 - \mathbf{r}_2| \cos \alpha \cos \gamma, \quad (10)$$

kde f_r je frekvence otáčení rotující tyče, α je úhel mezi vektorem osy otáčení o a vektorem vzdálenosti mezi body dopadu svazků $(\mathbf{r}_1 - \mathbf{r}_2)$ a γ je úhel mezi jednotkovým vektorem s kolmým k vektorům o a $(\mathbf{r}_1 - \mathbf{r}_2)$, a směrovým vektorem n dopadajících svazků. Vyhodnocením frekvence Δf_D tedy získáme časovou závislost frekvence otáčení f_r , tj. jak konstantní složky rotace, tak proměnlivou složku, která popisuje rotační vibrace. Jak lze vypožorovat z předcházejících vztahů, není měření výsledné frekvence citlivé na radiální nebo axiální pohyby rotující tyče, ale pouze na frekvenci otáčení a na geometrickém uspořádání měřicího zařízení. Vhodným uspořádáním lze detekovat rychlost otáčení až do 15 000 ot/min. Rotační vibrometry tedy slouží především ke kontrole stability rychlosti otáčení rotujících součástí.

Jak již bylo poznamenáno, zpracování detekovaného signálu (7) probíhá v elektronickém signálovém procesoru. Mixováním koherentního objektového svazku s frekvenčně modulovaným referenčním svazkem lze demodulovat fázové změny interferenčního signálu způsobené vibrací povrchu měřeného objektu. Podle vztahů (8) a (10) je možné poté již jednoduše určit časový průběh měřených vibrací (rychlostí). Demodulace Dopplerovského signálu při měření vibrací se dá provést pomocí oscilátoru PLL, ve kterém napětím řízený oscilátor se zpětnou vazbou sleduje frek-

venci vstupního signálu na základě detekce fázového rozdílu mezi fází vstupního signálu a signálu referenčního oscilátoru. Měření vibračních posunů je možné provádět časovou integrací signálu rychlosti podle

$$d(t) = \int_{t_0}^t v(t) dt \quad (11)$$

nebo pomocí heterodynního čítače interferenčních proužků, který detekováním počtu pohybujících se intenzitních maxim interferenčního obrazce určuje počet vlnových délek, o které se měřený povrch objektu posunul.

Použití měřicí metody v technické praxi

V praxi se tato metoda používá v mnoha oblastech průmyslu pro nedestruktivní ověřování částí konstrukcí namáhaných mechanickými vibracemi. Existuje několik vhodných konstrukčních modifikací popsaného způsobu měření vibrací. Jako velmi výhodné se jeví použití optických vláken s optickou hlavicí pro přenos svazku koherentního záření. Toto schéma má zejména tu výhodu, že je redukována hmotnost a rozměr optické hlavičky, která může být pružně umístěna v těsné blízkosti měřeného předmětu a na obtížně přístupných místech. Pomocí vibrometru vhodné konstrukce lze též měřit vzájemný relativní pohyb (vibrace) na dvou různých místech povrchu objektu.

Jednou z hlavních nevýhod laserových vibrometrů je to, že neumožňují získat komplexní přehled o vibrujícím předmětu v daném okamžiku, jelikož měří vibrace povrchu tělesa pouze v jednom malém místě. Často je ovšem žádoucí získat informace o dynamickém chování celého sledovaného objektu. To alespoň částečně mohou zajistit skenovací laserové vibrometry, které umožňují měřit, mapovat, vizualizovat a následně analyzovat vibrace určené oblasti měřeného objektu. Takovýto měřicí přístroj používá počítačově řízené směřování svazku pomocí vhodných optoelektronických prvků [9], např. rozmítacích zrcátek, která zaměřují předmětový svazek do předem určené sítě měřicích míst na povrchu objektu. Následně je možné využitím vhodných interpolačních technik automaticky analyzovat data o vibraci povrchu měřeného objektu. Na základě získaných dat lze vytvořit grafický model zkoumaného vibrujícího povrchu a provádět jeho analýzu, což se uplatňuje zejména při navrhování výrobků. Je tak možné v reálném čase provádět komplexní analýzu směřující k optimalizaci konstrukce. Příkladem skenovacího laserového vibrometru může být komplexní systém PSV-300 pro měření vibrací a jejich následnou analýzu od firmy Polytec PI (obr. 5).

V současné době je možné měřit rychlost pohybu od 0,5 mm/s do 20 m/s při frekvencích vibrací od 0,1 Hz do 1,5 MHz a velmi přesně měřit absolutní pohyb měřeného objektu s rozlišením více než $\lambda/80 \approx 0,01 \mu\text{m}$ [11], kde λ je vlnová délka použitého záření. U helium-neonových laserů, které se pro měření běžně používají, je $\lambda = 632,8 \text{ nm}$. Vyrábějí se též velmi malé vibrometry, kterými lze měřit vibrace pouhým zacílením na objekt, čehož se využívá při průmyslové kontrole.

Laserové vibrometry mají široké uplatnění v technické a vědecké praxi, a to jak při navrhování nových výrobků, tak při kontrole činnosti a funkčnosti výrobků. Díky svým výhodám proti standardním kontaktním senzorům vibrací se nejčastěji se používají:

- v automobilovém průmyslu (snižování hluku motorů, brzdě a výfukové systémy),
- v leteckém průmyslu (nedestruktivní zkoušení materiálů),

- ve stavebnictví (měření vibrací stavebních konstrukcí),
- v elektronickém průmyslu (vývoj pevných disků),
- v audioprůmyslu (analýza a vývoj reproduktorových soustav a hudebních nástrojů),
- lékařství (zkoumání kmitajících membrán ve sluchovém ústrojí).

Popsaná bezkontaktní metoda pro měření vibrací měřených povrchů objektů má řadu zřejmých výhod, zejména:

- je bezdotyková a nemůže poškodit měřený objekt;
- měření neovlivňuje průběh pohybu (probíhá mimo měřenou oblast);
- široký kmitočtový rozsah měřených vibrací (do 1,5 MHz);
- možnost diferenciálního měření;
- vysokou linearitu a přesnost měření;
- možnost měření vibrací velmi malých struktur;
- možnost zkoumat vibrace na nepřístupných místech, např. vysoce teplotně nebo korozivně namáhaném povrchu konstrukce;
- možnost měření vibrací rotačních pohybů, vysokofrekvenčních vibrací.

Je tedy zřejmé, že ji lze použít zejména tam, kde standardní kontaktní metody měření vibrací jsou obtížně použitelné vzhledem k charakteru měřeného objektu.



Obr. 5. Skanovací laserový vibrometr fy Polytec PI

Závěr

V práci byl popsán fyzikální princip měření vibrací průmyslových objektů a konstrukcí pomocí optické metody, která umožňuje bezkontaktní diskrétní bodová měření mechanických vibrací ve zvolených místech objektu. Je založena na vyhodnocování změny frekvence optického vlnového pole po jeho odrazu od povrchu vibrujícího objektu pomocí techniky koherentní detekce. Na základě teorie Dopplerova jevu byl vysvětlen princip a možnosti jejího použití byly demonstrovány schémata měřicího zařízení. Dále byly nastíněny výhody a nevýhody laserových vibrometrů v různých odvětvích vědy a techniky. Je zřejmé, že jde o velmi elegantní a přesný nástroj pro určování vibrací objektů, který lze využít v průmyslové praxi.

Článek byl vypracován v rámci grantu č. 103/02/0357 GA ČR.

Literatura

- [1] Michalko, O. – Mikš, A. – Semerák, P. – Klečka, T.: Fyzikální a mechanické zkoušení stavebních materiálů. Praha, Vydavatelství ČVUT 1998.
- [2] Ďaďo, S. – Kreidl, M.: Senzory a měřicí obvody. Praha, Vydavatelství ČVUT 1996.
- [3] Cloud, G.: Optical Methods of Engineering Analysis. Cambridge, Cambridge Univ. Press 1998.
- [4] Rastogi, P. K.: Handbook of Optical Metrology. Boston, Artech House Publishing 1997.
- [5] Kreis, T.: Holographic Interferometry: Principles and Methods. Berlin, Akademie Verlag 1996.
- [6] Mikš, A. – Novák, J.: Application of Multi-Step Algorithms for Deformation Measurement. SPIE Proceedings, Vol. 4398, Washington 2001, pp. 280–288.
- [7] Novák, J.: Error Analysis of Three-Frame Algorithms for Evaluation of Deformations. Interferometry of Speckle Light: Theory and Applications. Berlin, Springer Verlag 2000. pp. 439–444.
- [8] Votruba, V.: Základy speciální teorie relativity. Praha, Academia 1977.
- [9] Saleh, B. E. A. – Teich, C. M.: Základy fotoniky. Praha, Matfyzpress 1996.
- [10] Malacara, D. (ed.): Handbook of Optical Engineering, New York, Marcel Dekker 2001.
- [11] Polytec PI Product Catalogue 2002.

Novák, J.: Modern Optical Methods for Measuring of Vibrations in Industry – Point Techniques

This article describes a physical principle of optical methods for non-contact vibration measurement of structures in industrial practice. The paper is focused on the point methods, which enable very accurate measurements of dynamic changes of the shape of the tested object, i.e. vibrations, in several points on the object surface. Further, the paper describes some practical schemes for measuring vibrations together with advantages of these methods in comparison with contact methods. It also deals with possible applications of these non-contact methods in practice.

Novák, J.: Moderne optische Verfahren zur Vibrationsmessung in der Industrie

Der Artikel beschreibt das physikalische Prinzip der kontaktlosen Messung der Oberflächen von Konstruktionen und Konstruktionsteilen in der Industriepraxis. Er ist auf die Punkttechniken ausgerichtet, die es ermöglichen, dynamische Veränderungen der Gestalt des Messobjektes, d.h. Vibrationen, in diskreten Punkten an dessen Oberfläche sehr genau zu messen. Es werden Applikationen von Messvorrichtungen aus der Praxis einschließlich der offensichtlichen Vorteile gegenüber den klassischen Kontaktverfahren zur Vibrationsmessung angeführt.

Glaserův kondenzační model

doc. RNDr. Tomáš FICKER, DrSc.
VUT – Fakulta stavební
Brno

Článek přináší několik metodologických poznámek ke kondenzačnímu modelu prof. H. Glasera, které se týkají grafické konstrukce výsledného tlakového profilu.

Úvod

Koncem padesátých let minulého století navrhl prof. H. Glaser z Göttingenu graficko-početní metodu [1] k ověření kondenzace vodních par uvnitř stavebních konstrukcí, které jsou vystaveny difúznímu toku vodních par za přítomnosti teplotního spádu. Jde zejména o obvodové pláště budov včetně střech. Pomocí Glaserova kondenzačního modelu lze přibližně určit nejen rozsah kondenzační oblasti a množství vzniklého kondenzátu, ale i parametry parozábrany k vyloučení kondenzace. Model je ovšem v mnoha směrech silným zjednodušením skutečnosti, takže lze jen stěží porovnávat jeho výsledky s experimentálními daty. Glaserův model se však stále používá a je mezinárodně uznávaným standardem [2], [3] k ověřování kondenzačních problémů v konstrukcích.

Téměř všechny učební texty stavební tepelné techniky v naší republice Glaserův model do svého obsahu zahrnuly, avšak téměř nikde nelze nalézt zdůvodnění některých jeho grafických prvků. V této metodě se např. používají tečny vedené ke křivce nasycených par k vymezení kondenzační oblasti, avšak nikde nenalezneme důvody, proč jsou to právě tečny, které by měly takovou obast vymežit. Vysvětlení je až v původní Glaserově práci [1]. Zdůvodnění je založeno na poměrně jednoduché úvaze z oblasti matematické analýzy. Cílem článku je přiblížit čtenářům důvody, jež vedly prof. Glasera k zavedení „tečnového“ kondenzačního modelu, který i navzdory současným pokročilým počítačovým modelům (numerické řešení transportních rovnic) stále úspěšně odolává toku času.

Glaserův model

Podstata Glaserovy graficko-početní metody spočívá v sestavení dvou parciálních tlakových profilů – nasycených a aktuálních vodních par – uvnitř konstrukce, a to v souřadném systému (x – difúzní odpor R ; y – parciální tlak p).

Křivka parciálního tlaku nasycených par se určí ze známého lineárního teplotního profilu konstrukce, avšak křivku aktuálního parciálního tlaku vodních par nelze určit jednoduchým způsobem. Komplikujícím faktorem je kondenzace.

Oblast bez kondenzace

V oblastech konstrukce, kde nenastává kondenzace, je křivka aktuálního parciálního tlaku par určena druhou Fickovou rovnicí, která nabývá ve stacionárním jednorozměrném případě podoby jednorozměrné Laplaceovy rovnice

$$\frac{d^2 p(x)}{dx^2} = 0 \quad (1)$$

s okrajovými podmínkami

$$p(0) = p_i, \quad p(d) = p_e, \quad (2)$$

kde p_i je parciální tlak na vnitřním povrchu konstrukce ($x=0$) a p_e je parciální tlak na vnějším povrchu ($x=d$). Řešením je lineární tlakový profil

$$p(R_x) = p_i - \frac{p_i - p_e}{d} x = p_i - \frac{p_i - p_e}{R_d} R_x, \quad (3)$$

$$R_d = \frac{d}{\delta}, \quad R_x = \frac{x}{\delta},$$

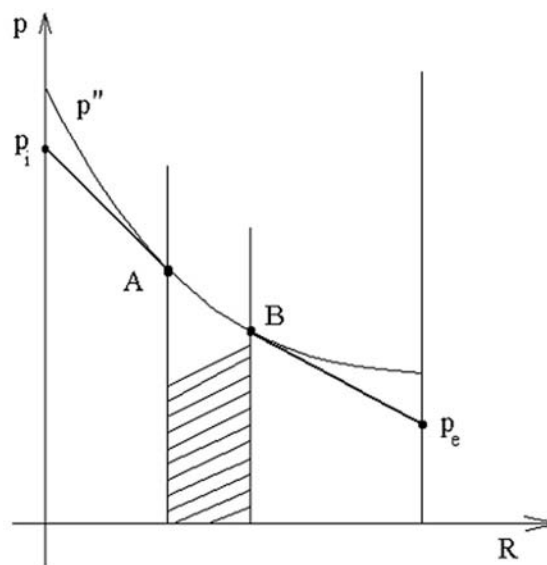
kde δ je difúzní součinitel vodivosti.

Hustota difúzního toku g je v oblasti mimo kondenzaci dána první Fickovou rovnicí

$$g = -\frac{d}{dx} \delta p(x) = -\frac{dp(R_x)}{dR_x} = \text{konstanta}. \quad (4)$$

Oblast kondenzace

V oblasti kondenzace by však druhá Fickova rovnice musela být doplněna o zdrojovou, resp. anihilační funkci $f(x)$, která by vyjadřovala, jaká hmotnost vodní páry zkonduzuje v daném místě x v jednotce objemu za jednotku času. Nalézt funkci $f(x)$ však není triviální záležitostí a Glaser tento problém vyřešil velmi vtipně. Nehledal funkci $f(x)$, ale snažil se odhadnout přímo tvar výsledného tlakového profilu.



Obr. 1. Glaserovo kondenzační schéma
A, B – oblast kondenzace

Návaznost obou oblastí

Shrneme-li získané poznatky, můžeme konstatovat následující:

- v oblasti **mimo kondenzaci** je difúzní tok g konstantní (4) a tlakový profil **lineární** (3);
- v oblasti **kondenzace** se difúzní tok zmenšuje (ubývá plyných molekul, které přecházejí v kapalný kondenzát), takže funkce $g(R_x)$ musí být **klesající**, tzn.

$$\frac{dg}{dR_x} < 0. \quad (5)$$

Z rovnic (4) a (5) vyplývá

$$\frac{d^2 p}{dR_x^2} > 0, \quad (6)$$

což je podmínka **ryzí konvexnosti** (graf ryze konvexní funkce leží ve všech bodech nad tečnou);

c) v oblasti kondenzace musí být navíc aktuální parciální tlak vodních par nanejvýš roven tlaku nasycených vodních par p'' , tj.

$$p(R_x) \approx p''(R_x). \quad (7)$$

Lineární úseky $p(R_x)$ v oblastech bez kondenzace musí navazovat na křivku nasycených par $p''(R_x)$ v oblasti kondenzace takovým způsobem, aby byla ve **společném bodě dotyku zachována konvexnost výsledné křivky**. To není možné uskutečnit jinak, než že se lineární úseky stanou ve společných hraničních bodech tečnami ke křivce $p''(R_x)$. Na *obrázku 1* je kondenzační oblast vymezena body *A*, *B*,

v nichž se tečny dotýkají křivky nasycených par p'' . Tečny jsou vedeny z bodů krajních parciálních tlaků p_i a p_e .

Závěr

Z předešlého je zřejmé, že důvody, které vedly prof. H. Gläsera k zavedení „tečnového“ modelu kondenzace, byly skutečně založeny na úvahách z matematické analýzy, přesněji řečeno na analytickém průběhu výsledné konvexní funkce tlaku v kondenzační oblasti. Požadavek konvexnosti však vyplynul z fyzikálních vlastností kondenzujícího systému.

Literatura

- [1] Gläser, H.: Graphisches Verfahren zur Unter-Suchung von Diffusionsvorgängen. Kältetechnik, 11, 1959, pp. 345–349.
- [2] ČSN 73 0540 Tepelná ochrana budov. ČSN, 1994.
- [3] DIN 4108 Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden. Deutsches Institut für Normung, Berlin, 1999.

Ficker, T.: Glaser's Condensation Model

This paper presents methodological comments on the condensation model designed by Prof. H. Glaser. The comments deal with the graphical structure of the resulting pressure profile.

Ficker, T.: Das Glasersche Kondensationsmodell

Der Artikel bringt einige methodische Bemerkungen zum Kondensationsmodell nach Professor H. Glaser, die die grafische Konstruktion des resultierenden Druckprofils betreffen.

● recenze

Rastogi, P. K. (ed.)

Digital Speckle Pattern Interferometry and Related Techniques (Digitální speklinterferometrie a příbuzné techniky)

John Wiley & Sons, New York 2001, 368 s., ISBN 0-471-49052-0, cena 155 USD

Bezkontaktní optické metody pro nedestruktivní zkoušky se v současné době používají v mnoha oblastech vědy a průmyslu, např. v oblasti experimentální mechaniky, materiálového inženýrství, strojírenství i ve stavebnictví. Recenzovaná kniha pojednává o některých digitálních bezkontaktních měřicích metodách založených na interferenci vlnových polí. Zaměřuje se zejména na speklinterferometrii a příbuzné metody, jež lze použít k velmi přesnému měření statických i dynamických změn tvaru testovaných objektů s opticky drsným povrchem.

Kniha je tematicky rozdělena do šesti kapitol se 172 obrázky a věcným rejstříkem. Každá kapitola je doplněna přehledem odborné literatury vhodným k prohloubení objasňované problematiky. V první kapitole je podrobně vysvětlen pojem interferenční zrnitosti (speklu), jež vzniká záznamem koherentního vlnového pole po odrazu na opticky drsném povrchu. Dále je zde podrobně objasněn princip speklinterferometrie a statistické vlastnosti takovýchto vlnových polí. Druhá kapitola se zaměřuje na metody automatické analýzy interferogramů ve speklinterferometrii. Jde především o popis a analýzu nejpoužívanějších vyhodnocovacích metod, např. fázového posuvu nebo Fourierovy transformace. Třetí kapitola stručně popisuje základní princip digitální speklinterferometrie a vhodné uspořádání zařízení k měření statických deformací a

tvarů zkoumaných povrchů. Ve čtvrté kapitole je podrobně pojednáno o měření vibrací metodami digitální speklinterferometrie. Je diskutována jak teorie a odlišnost od statických měření, tak vhodnost jednotlivých prvků měřicí aparatury pro dynamická měření. V páté kapitole je popsána metoda digitální speklfotografie, která je založena na principu vyhodnocování změny zaznamenané speklstruktury v důsledku deformace měřeného objektu. Je též popsán postup digitální detekce pohybu speklstruktury, který úzce souvisí s měřenou deformací. Poslední kapitola se zabývá další digitální bezkontaktní metodou, a to digitální holografickou interferometrií. Je popsán princip této moderní metody pro měření deformací a tvaru povrchů.

Kniha poskytuje kvalifikovaný pohled na problematiku bezkontaktních měření deformací a tvarů opticky drsných povrchů. Je jí možné hodnotit jako velmi dobrý přehled současných měřicích metod. Jednotlivé kapitoly jsou vhodně doplněny příklady aplikací metod v praxi. Vzhledem k současnému vývoji zmíněných digitálních bezkontaktních měřicích metod a jejich možným aplikacím v mnoha oblastech vědy a průmyslu lze publikaci doporučit všem vědeckým pracovníkům a inženýrům, kteří se zabývají bezkontaktním měřením tvarů a deformací.

J. Novák

Návrh a kalibrace měřicího systému tvořeného teodolitem a digitální kamerou

Ing. Martin ŠTRONER
 ČVUT – Fakulta stavební
 Praha

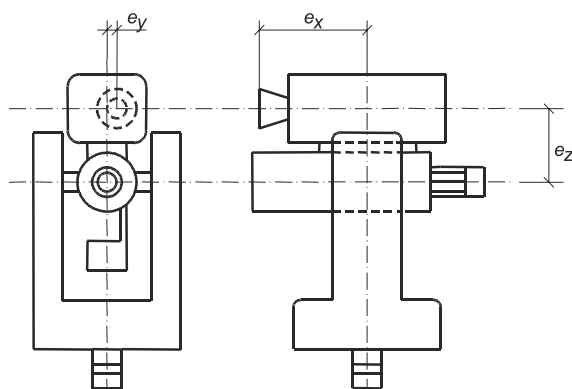
V článku je prezentován návrh a kalibrace přístroje tvořeného digitální kamerou a teodolitem, který má sloužit k měření vodorovných a svislých úhlů na krátké vzdálenosti prostřednictvím kombinace měření teodolitem a snímání obrazových dat digitální kamerou.

Úvod

Mezi moderní způsoby určování ploch a povrchů objektů patří laserové skenování, které může být založeno na různých principech. V práci je ukázán návrh a kalibrace systému schopného na základě registrace obrazových dat digitální kamerou měřit vodorovné a svislé směry rychlostí závislou pouze na rychlosti kamery, který byl navržen jako součást jednoduchého skeneru rotujících předmětů malého rozměru.

Princip a použití přístroje

Zařízení je navrženo jako jednoduché spojení digitální kamery a teodolitu. Kamera je upevněna na dalekohledu teodolitu tak, že osa záběru je přibližně rovnoběžná se záměrnou přímkou teodolitu (obr. 1). Po kalibraci (zjištění prvků vnitřní orientace a konstant, které umožní určit prvky vnější orientace), bude možné ze známých souřadnic (stanoviska, orientačního bodu), z hodnot měřených teodolitem (vodorovný úhel, zenitový úhel) a ze snímkových souřadnic měřených bodů určit souřadnice vstupní pupily a vodorovný a zenitový úhel na určovaném/měřeném bod.



Obr. 1. Schéma návrhu konstrukce přístroje

Přístroj spojuje možnosti měření teodolitem, tj. centraci nad známým stanoviskem, měření vodorovných a zenitových úhlů a měření fotogrammetrické, tj. velkého množství bodů snímáním obrazu, a navíc jako digitální zařízení dovoluje velmi rychlá opakovaná měření ve stejném směru. Kamera má přímé propojení s počítačem prostřednictvím zachytávací karty (angl. framegrabber), což umožňuje snímání jak jednotlivých obrázků, tak videa.

Princip přístroje (nehlédě na technické možnosti) umožňuje jednoduché zaměření vodorovného a zenitového úhlu na bod pouze odečtením snímkových souřadnic. Ty lze měřit jak v reálném čase na přenášeném obraze (není třeba přesné cílení), tak po měření na uložených snímcích.

Přístroj byl navržen pro ověření možnosti kalibrace. Technické vybavení však dovoluje použití přístroje pro měření na vzdálenost do 3 m. Využití přístroje se předpokládá u skeneru rotujících předmětů složeného z uvedeného přístroje, laseru a optického prvku vytvářejícího svislou světelnou rovinu a točny, která zajistí otáčení skenovaného předmětu.

Přístrojové a programové vybavení

Pro zkoušky a kalibraci je k dispozici teodolit Zeiss Theo 010 A, digitální videokamera JVC TK-C1380E (založená na snímači CCD – Charged Couple Device) s objektivem Cosmicar 25 mm a zachytávací karta X-Press Plus fy Integral Technologies (USA). Kamera s rozlišením 752×548 pixelů umožňuje snímání videa rychlostí až 25 snímků za sekundu.

K dispozici je profesionální systém pro snímání obrazu Lucia 4.0. Pro odečítání snímkových souřadnic byl vytvořen program Odecitac, který umožňuje měření s rozlišením 0,25 pixelu pomocí funkce lupa, u celistvých pravidelných cílů funkce automatického označování středů objektů (AOSO). Pro výpočet koeficientů direktní lineární transformace (DLT) pak program Dlt3k; vše pro operační systém Microsoft Windows NT 4.0 a vyšší.

Postup výpočtu měřených úhlů

Pro výpočet je nutné znát konstanty, které jsou získány pomocí kalibrace, dále souřadnice a úhly měřené teodolitem. Přestože výpočet může následovat až po kalibraci, je nutné znát, které hodnoty jsou ve výpočtu potřeba, a tedy je nutné dříve uvést postup výpočtu. Pro výpočet je třeba znát tyto hodnoty:

- souřadnice stanoviska a orientačních bodů stanoviska, výšku přístroje, aby bylo možné vypočítat souřadnice vztahného bodu teodolitu (X_S, Y_S, Z_S);
- měřené hodnoty x', y', φ, z (snímkové souřadnice, vodorovný směr, zenitový úhel);
- konstanty z kalibrace $f, x'_0, y'_0, e_x, e_y, e_z$ (konstanta komory, souřadnice hlavního snímkového bodu, složky excentricity vstupní pupily ve směru jednotlivých os ve vodorovné poloze dalekohledu – obr. 1).

Výpočet polohy vstupní pupily kamery

Na obrázku 1 je načrt upevnění digitální kamery na teodolit. Je zřejmé, že poloha vstupní pupily proti souřadnicím stanoviska (průsečík svislé a vodorovné točné osy teodolitu) závisí na směrníku záměrné přímky a na zenitovém úhlu. Při vodorovné poloze dalekohledu jsou zde zakresleny složky excentricity vstupní pupily proti stanovisku ve směru jednotlivých souřadnicových os e_x, e_y, e_z .

Při znalosti těchto hodnot, směrníku záměrné přímky teodolitu a zenitového úhlu lze pomocí prostorové transformace získat okamžitý posun ve všech souřadnicových osách, a tedy souřadnice vstupní pupily (X_0, Y_0, Z_0) podle vzorců (1) až (7), kde o je orientační posun.

$$\sigma = \varphi + o, \quad (1)$$

$$v = z - 100^{\text{gon}}, \quad (2)$$

$$\mathbf{R}(\alpha, \beta, \gamma) = \mathbf{R}_z(\gamma) \cdot \mathbf{R}_y(\beta) \cdot \mathbf{R}_x(\alpha), \quad (3)$$

$$\mathbf{R}_x(\alpha) = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos(\alpha) & -\sin(\alpha) \\ 0 & \sin(\alpha) & \cos(\alpha) \end{pmatrix}, \quad (4)$$

$$\mathbf{R}_y(\beta) = \begin{pmatrix} \cos(\beta) & 0 & -\sin(\beta) \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin(\beta) & 0 & \cos(\beta) \end{pmatrix}, \quad (5)$$

$$\mathbf{R}_z(\gamma) = \begin{pmatrix} \cos(\gamma) & \sin(\gamma) & 0 \\ -\sin(\gamma) & \cos(\gamma) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}, \quad (6)$$

$$\begin{pmatrix} X_0 \\ Y_0 \\ Z_0 \end{pmatrix} = \mathbf{R}(0, v, \sigma) \cdot \begin{pmatrix} e_x \\ e_y \\ e_z \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} X_S \\ Y_S \\ Z_S \end{pmatrix}. \quad (7)$$

Výpočet vodorovného a zenitového úhlu

Nejprve je třeba provést redukci snímkových souřadnic na počátek, tj. hlavní snímkový bod a otočení souřadnic do správné polohy o náklon kamery α .

$$x'_R = x' - x'_0, y'_R = y' - y'_0, \quad (8)$$

$$\begin{pmatrix} x'_R \\ y'_R \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos(-\alpha) & -\sin(-\alpha) \\ \sin(-\alpha) & \cos(-\alpha) \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} x'_R \\ y'_R \end{pmatrix}. \quad (9)$$

Dále je třeba vypočítat úhly od osy záběru pomocí f a snímkových souřadnic. Výsledný směrník/zenitový úhel vznikne součtem úhlu ze snímkových souřadnic, měřeného/vypočteného zenitového úhlu/směrníku, korekce dV/dH (opravuje rozdílný směr záměrné přímky teodolitu a kamery) a dále hodnot odV/odH , což jsou korekční členy postihující vady zobrazení (distorze objektivu, vliv nekolmosti senzoru na záměrnou přímku apod.). Korekce odV a odH lze určit jako $odV = odV(x'_T, y'_T)$ a $odH = odH(x'_T, y'_T)$, jejich konkrétní tvar bude určen na základě výsledků kalibrace

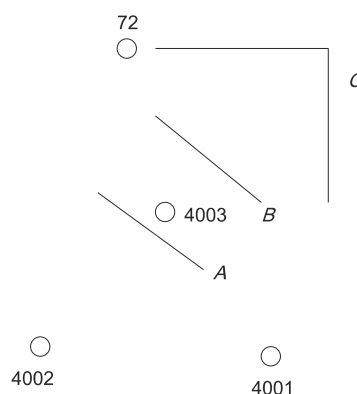
$$Hz = \varphi + o + \arctan\left(\frac{x'_T}{f}\right) + dH + odH, \\ Z = z + \arctan\left(\frac{y'_T}{\sqrt{f^2 + x'^2_T}}\right) + dV + odV. \quad (10)$$

Kalibrace měřicího systému

Kalibrace měřicího systému proběhla kombinovaným způsobem. První část byla provedena direktní lineární transformací (DLT, konstanta komory, poloha vstupní pupily), druhá část potom doplňujícími pokusy tam, kde výsledky z DLT nejsou spolehlivé. V obou případech bylo k měření využito dočasně stabilizované kalibrační pole. Vzhledem k tomu, že objektiv kamery má zorný úhel ve vodorovné rovině pouze 15 gon, bylo nutné pro zajištění stability výpočtu navrhnout a vytvořit vzhledem k ose záběru toto pole značně hloubkově členité.

Kalibrační pole

Vzhledem k nedostatku jiných prostor bylo kalibrační pole postaveno provizorně v kanceláři. Úzký zorný úhel kamery, a tedy úzký svazek paprsků směřujících na body, si vynutil po několika úvodních experimentech vytvoření pole bodů, na které se zdá být přiléhavější pojmenování kalibrační tunel, protože mělo výraznou hloubkovou členitost. Uspořádání bodů bylo navrženo ve třech hloubkových rovinách, pro stabilizaci bodů byly využity stěny kanceláře a přenosné dřevěné rámy. Pole obsahuje celkem 34 bodů pro kalibraci, jeden bod určující výšku a tři stanoviště. Souřadnice byly určeny protínáním vpřed z úhlů totální stanicí Leica TC 1800 ze stanovišek 4001 a 4002 měřením ve skupině (obr. 2). Body 4002, 4001 a 4003 jsou stanoviště, bod 72 má danou výšku, od níž je odvozena výška ostatních bodů; A, B, C jsou prostory (roviny), v nichž jdou umístěny body pole.



Obr. 2. Půdorysné schéma kalibračního pole

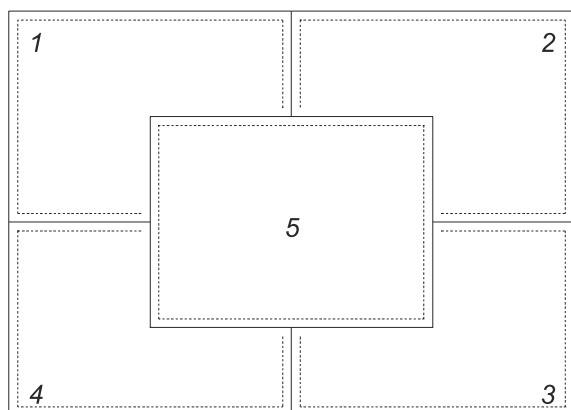
Direktní lineární transformace

Direktní lineární transformaci (DLT), její matematickou podstatu, způsob výpočtu z nadbytečného počtu měření metodou nejmenších čtverců lze nalézt v [1]. Zprostředkovává matematické zobrazení prostorových souřadnic X, Y, Z do snímkových souřadnic x', y' . V zobrazení je celkem 11 koeficientů, z nichž lze vypočítat prvky vnitřní i vnější orientace. Limitovaná numerická stabilita výpočtu koeficientů však přináší velké nejistoty do výpočtu některých prvků orientace a právě z těchto důvodů byly pomocí DLT vypočteny pouze konstanta komory f a složky excentricity vstupní pupily e_x, e_y, e_z . Pro určení konstanty komory bylo použito 28 snímků, ze kterých byly vypočteny koeficienty DLT. Konstanta kamery f (ohnisková vzdálenost) byla určena $f = 3\,026,5$ pixelu se směrodatnou odchylkou $s_f = 2,8$ pixelu. Pro určení složek excentricity vstupní pupily kamery proti vztažnému bodu teodolitu e_x, e_y, e_z bylo použito celkem 15 snímků. Z koeficientů DLT byla vypočtena poloha X_0, Y_0, Z_0 vstupní pupily v souřadné soustavě kalibračního pole, vypočteny souřadnicové rozdíly od vztažného bodu teodolitu a pootočený tak, aby směrník teodolitu byl roven 0 gon a zenitový úhel byl roven 100 gon. Výsledkem výpočtu byly hodnoty $e_x = 0,0841$ m, $e_y = -0,0006$ m, $e_z = 0,0863$ m se směrodatnými odchylkami $s_{e_x} = 0,0007$ m, $s_{e_y} = 0,0001$ m, $s_{e_z} = 0,0001$ m. Další hodnoty nebylo možné z koeficientů DLT uspokojivě vypočítat.

Doplňující pokusy

Z koeficientů DLT nebylo možné s dostatečnou přesností určit pootočení obrazu proti vodorovné rovině α , souřadnice hlavního snímkového bodu x'_0, y'_0 , opravy vodorovného a svislého úhlu dHz, dV . Tyto hodnoty bylo třeba zjistit dalšími pokusy.

Princip pokusu pro určení stočení snímače CCD α (v případě, kdy je teodolit horizontován), je jednoduchý. Pokud je teodolit centrován, zacílí se tak, aby bod použitý pro měření byl na levém okraji obrazu. Poté se bez povolení svislých ustanovek přecílí tak, aby se bod posunul na okraj pravý. Změna souřadnice x' reprezentuje velikost pootočení, změna souřadnice y' existenci stočení, dvojice souřadnicových rozdílů $\Delta x'$, $\Delta y'$ pak jeho velikost. Bylo použito celkem devět bodů, výsledkem je hodnota pootočení $\alpha = 0,985$ gon se směrodatnou odchylkou $s_\alpha = 0,031$ gon.



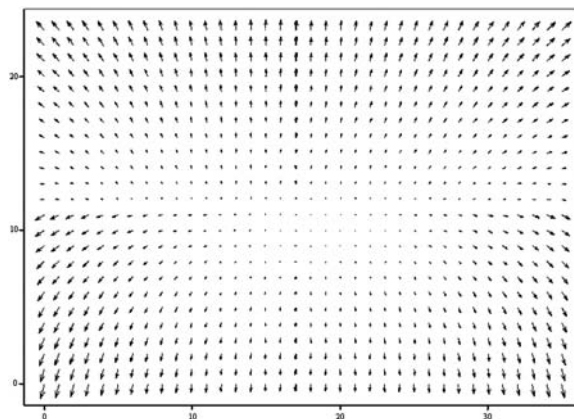
Obr. 3. Rozmístění snímků v zorném poli kamery

Určení souřadnic hlavního snímkového bodu bylo dalším krokem v kalibraci systému. Jednoduchým rozborem přesnosti lze dokázat, že pokud u kamery s tak úzkým zorným polem skutečná chyba v určení hodnoty x'_0 dosáhne 78 pixelů, chyba měření úhlu rovného úhlu zornému bude mít hodnotu menší nebo rovnou 0,01 gon (což je chyba odpovídající hodnotě 0,5 mm na vzdálenost 3 m). Snímkové souřadnice hlavního snímkového bodu se určovaly vzhledem k této skutečnosti. Jednoduchý pokus vychází z úvahy, že pokud je proti kameře postaveno rovinné zrcadlo tak, aby bylo kolmé na osu záběru, lze za přibližné umístění vstupní pupily pokládat střed objektivu v zrcadlovém obraze, kde kamera snímá sama sebe. V popsané situaci tedy stačí nastavit zrcadlo kolmo k ose záběru a určit souřadnice obrazu středu objektivu. Přibližné kolmosti lze dosáhnout pohledem na objektiv, který má na točítku ostření vroubkování, a právě porovnání velikosti vroubků na protilehlých stranách lze s výhodou využít. Střed objektivu bylo možné určit pomocí clonky, která při uzavírání vytváří charakteristický osmihran a z jeho protilehlých vrcholů lze snadno pomocí průměru vypočítat střed. S výhodou byl při měření využit osvit clony elektrickou svítilnou, což dovolilo téměř clonu uzavřít, a zjednodušit tak měření. Hodnota souřadnic hlavního snímkového bodu (v pixelech) byla určena celkem ze sedmi měření jako $x'_0 = 388,5$, $y'_0 = 274,9$ se směrodatnými odchylkami vypočtenými z opakování $s_{x_0} = 4,7$, $s_{y_0} = 2,0$. Hodnota souřadnic je velmi blízká středu snímku.

Určení rozdílů osy záběru kamery a záměrné přímky teodolitu ve směrníku a svislém úhlu bylo posledním krokem kalibrace. Experiment pro jejich určení byl navržen tak, aby byl co nejvíce potlačen nepříznivý vliv centrace přístroje, který svou velikostí vzhledem k malým vzdálenostem při kalibraci (i při měření) může výrazně ovlivnit její výsledek. Pro získání základní představy lze uvést, že na vzdálenost 2,3 m chyba v centraci (nebo určení výšky přístroje) 0,5 mm ve směru kolmém na záměru způsobí systematickou chybu v určení úhlové opravy 0,013 gon. K poku-

su byla použita kalibrační matice, která byla vytvořena nalepením pravidelné bodové matice na listu papíru na rovnou plexisklovou desku. Body tvoří pravidelný rastr 12 x 18 bodů, sousední sloupce i řádky jsou vzdáleny 15 mm. Na okrajích desky bylo vytvořeno celkem šest dalších bodů, které slouží k určení rovnice roviny kalibrační matice. Na okrajích jsou umístěny vzhledem k nutnosti měření délek pásmem. Kalibrační matice byla umístěna ve vzdálenosti přibližně 2,3 m od teodolitu s připojenou kamerou.

Prostorovou polární metodou byly určeny souřadnice šesti okrajových bodů (měření úhlů teodolitem, měření délek pásmem, délky redukovány vzhledem k odsazení vztažného bodu teodolitu od tečky na alhidádě), následně byly zaměřeny vodorovný a zenitový úhel na levý horní, pravý horní, pravý dolní a levý dolní bod matice. Prostorové souřadnice rohových bodů matice byly získány jako průsečík roviny proložené šesti okrajovými body (výpočet s vyrovnáním metodou nejmenších čtvců) a přímky dané měřenými úhly. Mezilehlé body lze pak snadno dopočítat podle počtu sloupců a řádků. Kontrolou určení tvaru a rozměru matice bylo porovnání vzdálenosti sousedních bodů s ideálními hodnotami. Tímto postupem byl vyloučen vliv centrace na měření, protože souřadná soustava je zde definována umístěním a orientací teodolitu. Po určení souřadnic byly pořízeny snímky, a zároveň odečteny vodorovné a svislé úhly. Vzhledem k velikosti matice (vytištěna na formát A4) bylo pořízeno celkem pět snímků, a to čtyři umístěné v rozích, a zároveň pokrývající celé zorné pole, dále pátý kontrolní uprostřed (obr. 3).

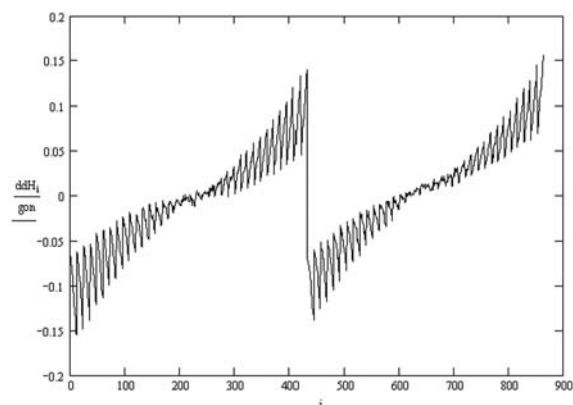


Obr. 4. Vektorové pole odchylek od průměrné hodnoty dV a dH

Snímky 1 až 4 (tedy celkem 864 bodů) byly vyhodnoceny a určené snímkové souřadnice spolu s dalšími hodnotami zpracovány podle vzorců (1) až (10) bez použití oprav dH , dV a odH , odV . Jejich hodnota byla určena jako průměrný rozdíl směrníku (zenitového úhlu) získaného měřením a vypočítaného ze souřadnic cílového bodu. Hodnoty rozdílů určených dH a dV od průměru na jednotlivých bodech byly značné, až do velikosti 0,10 gon. Struktura a relativní velikost jednotlivých rozdílů od průměru dH a dV jsou ve tvaru vektorového pole na obr. 4, dále pak jsou odchylky od průměrných hodnot znázorněny grafy na obr. 5 a obr. 6 (odchylky od průměrné hodnoty dH a dV jsou zde označeny ddH a ddV). Zde jsou hodnoty řazeny po jednotlivých snímcích v pořadí 1, 2, 4, 3 a v rámci snímků shora dolů a zleva doprava. Zobrazené odchylky ukazují zřejmý trend, který je pravděpodobně produktem sjednocených vlivů výrobních vad kamery, jako je nekolmost senzoru a spojnice vstupní pupila-hlavní snímkový bod a distorze objektivu.

Lze předpokládat, že uvedené vady mají podobný vliv při každém měření, a je proto možné potlačit jejich vliv vhod-

nou opravou. Vzhledem k tomu, že je zde smíšeno více vlivů, je vhodné použít pro výpočet opravy polynom. Byly použity členy do čtvrtého řádu včetně, po dosažení potřebné přesnosti bylo postupováno opačným směrem a vylučovány členy se zanedbatelným vlivem na výslednou přesnost. Výsledkem výpočtů jsou vzorce pro opravu vypočtených úhlů odH a odV ve tvaru (11) a (12) a také hodnoty $dH = -0,5420$ gon, $dV = 0,7368$ gon. K výpočtu bylo použito celkem 864 bodů na čtyřech snímcích. Výsledný tvar reziduí po opravě je stejným způsobem jako bez opravy ukázán na obr. 7 až obr. 9.



Obr. 5. Graf odchylek ddH

$$odH = \begin{pmatrix} x'_T & y'_T & (x'_T)^2 & (y'_T)^2 & x'_T \cdot y'_T & (x'_T)^3 & \frac{y'_T}{|y'_T|} \cdot x'_T \end{pmatrix} \cdot \mathbf{a}, \quad (11)$$

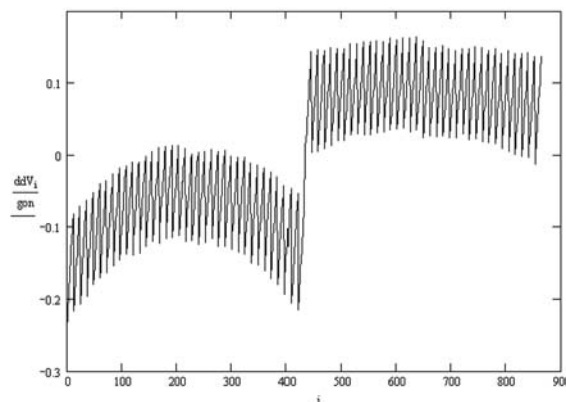
$$odV = \begin{pmatrix} 1 & y'_T & (x'_T)^2 & (x'_T)^2 \cdot (y'_T) & \frac{y'_T}{|y'_T|} \cdot (x'_T)^2 \end{pmatrix} \cdot \mathbf{b}, \quad (12)$$

kde vektory konstant \mathbf{a} a \mathbf{b} jsou

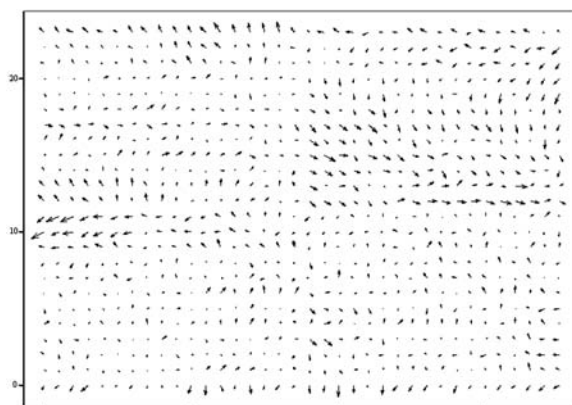
$$\mathbf{a} = \begin{pmatrix} 3,105\,021\,033\,506\,16 \cdot 10^{-6} \\ 6,270\,070\,207\,363\,39 \cdot 10^{-7} \\ 5,553\,790\,805\,366\,30 \cdot 10^{-10} \\ 1,122\,692\,497\,659\,09 \cdot 10^{-9} \\ 1,585\,087\,069\,325\,99 \cdot 10^{-8} \\ 1,054\,701\,535\,899\,10 \cdot 10^{-11} \\ -2,151\,619\,495\,986\,36 \cdot 10^{-6} \end{pmatrix},$$

$$\mathbf{b} = \begin{pmatrix} 3,368\,071\,075\,968\,89 \cdot 10^{-4} \\ 7,887\,061\,107\,281\,86 \cdot 10^{-6} \\ -7,401\,905\,953\,446\,16 \cdot 10^{-9} \\ 1,388\,209\,186\,734\,70 \cdot 10^{-11} \\ 2,067\,685\,653\,591\,64 \cdot 10^{-9} \end{pmatrix}.$$

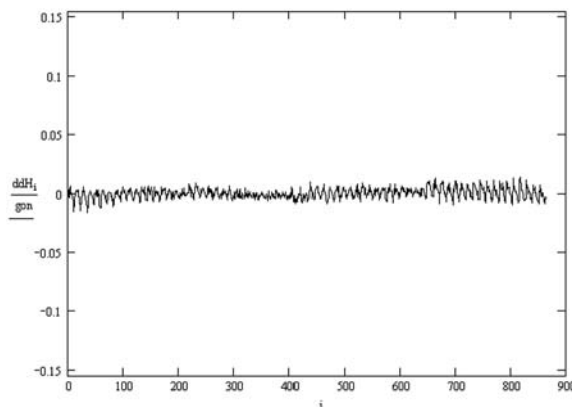
Bez použití oprav odH a odV byly směrodatné odchylky jednoho měření při určení dH a dV $s_{dV} = 0,0558$ gon a $s_{dH} = 0,0943$ gon. Využitím uvedených oprav se směrodatné odchylky snížily na $s_{dV} = 0,0044$ gon a $s_{dH} = 0,0041$ gon. Z těchto hodnot nelze soudit na vhodnost a účinnost zavedených oprav, protože byly počítány ze stejných dat. Proto byl provedeno měření a pořízen snímek 5, jehož umístění zároveň kontroluje, zda chyby nejsou pouze produktem kalibračního pole (v podstatě lze říci, že jsou „na sebe“ umístěny body protilehlých kvadrantů kalibračního pole). Po jeho vyhodnocení a zavedení oprav odH a odV byly získány hodnoty ekvivalentní $dH = -0,5449$ gon a $dV = 0,7376$ gon (rozdíl 0,0029 gon a 0,0008 gon). V porovnání s tím, že nejmenší úhlový dílek měřený kamerou



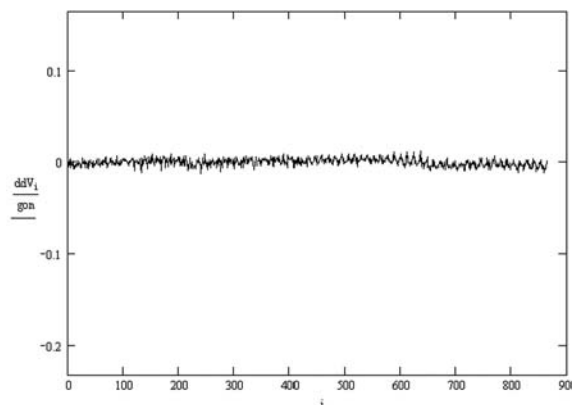
Obr. 6. Graf odchylek ddV



Obr. 7. Vektorové pole odchylek ddV a ddH s opravou odH a odV



Obr. 8. Graf odchylek ddH s opravou odH



Obr. 9. Graf odchylek ddV s opravou odV

reprezentuje přibližně 0,0210 gon, jsou uvedené rozdíly minimální.

Ověření přesnosti kalibrace

Cílem pokusu bylo odhadnout přesnost určení směrníku (vodorovného úhlu) a zenitového úhlu bez vyloučení vlivu určení souřadnic stanoviska (zde vstupní pupily kamery). Přesnost kalibrace byla ověřena nezávislým měřením založeným na stejném principu. Byla použita stejná kalibrační matice a postup určení souřadnic jejích bodů a stejně zpracování naměřených dat. K vyhodnocení byly použity celkem tři snímky kalibrační matice v různém umístění v zorném poli kamery. Výsledkem měření je vlastně definice přímky, která v ideálním případě prochází přesným umístěním měřeného bodu. K posouzení přesnosti měření je tedy možné použít ekvivalent vzdálenosti bodu od přímky. Tímto způsobem bylo měření zpracováno a výsledkem jsou hodnoty:

- pro vodorovnou složku měření byla zjištěna průměrná odchylka $-0,49$ mm, směrodatná odchylka $0,77$ mm,
- pro svislou složku byla zjištěna průměrná odchylka $-0,67$ mm, směrodatná odchylka $0,72$ mm.

Těmto hodnotám jsou ekvivalentní úhlové hodnoty $-0,014$ gon, $0,021$ gon a $-0,018$ gon, $0,020$ gon. Výsledky ukazují velmi úzkou vazbu přesnosti měření a vzdálenosti středů dvou sousedních prvků snímaného digitálního obrazu.

Štroner, M.: Design and Calibration of a Measuring System Composed of the Theodolite and the Digital Camera

This article presents the design and calibration of equipment composed of the digital camera and the theodolite. This system can measure both the horizontal and vertical angles over short distances by combining measurements done with the theodolite and scanning of video data conducted with the digital camera.

Závěr

V článku byl prezentován návrh a postup kalibrace měřicí aparatury složené z teodolitu a digitální kamery. Výsledkem pokusů a výpočtů je soubor konstant a vzorců, které umožňují určení polohy vstupní pupily kamery a směrníku a zenitového úhlu z měřených snímkových souřadnic, známých souřadnic stanoviska, orientace a měřených hodnot vodorovného a zenitového úhlu s odhadnutou přesností blíží se velikosti jednoho pixelu (pro vodorovný úhel je přesnost měření vyjádřena směrodatnou odchylkou $0,021$ gon, pro svislý úhel $0,020$ gon). Přístroj byl kalibrován a ověřován na vzdálenost $2,0$ až $2,5$ m.

Práce vznikla za podpory projektu č. 103/02/0357 GA ČR „Moderní optoelektronické metody topografie ploch“.

Literatura

- [1] Hanzl, V.: Přímá lineární transformace snímkových souřadnic s eliminací radiálního zkreslení objektivu. Geodetický a kartografický obzor, **32/74**, 1986, č. 5.
- [2] Pavelka, K.: Fotogrammetrie 10 a 20. Praha, Vydavatelství ČVUT 1998.

Štroner, M.: Entwurf und Kalibrierung eines durch einen Theodoliten und eine Digitalkamera gebildeten Messsystems

Im Artikel wird der Entwurf und Kalibrierung eines durch einen Theodoliten und eine Digitalkamera gebildeten Messsystems vorgestellt, das zur Messung horizontaler und vertikaler Winkel auf kurze Entfernungen mittels der Kombination der Messung mit dem Theodoliten und der Aufzeichnung von Bilddaten durch eine Digitalkamera dienen soll.

• dizertace



Informační systémy pro on-line poskytování odborných geodetických informací a jejich tvorba

Ing. Milan Talich

V dizertaci je vytvořena největší on-line bibliografická databáze na světě, zaměřená na obory související s geodézií. Databáze je součástí všeobecně přístupného informačního systému.

Matematické modelování objektů stokové sítě

Ing. Jaroslav Pollert

Práce přináší původní výsledky týkající se přístupu a metodiky tvorby geometrie složitých hydraulických objektů a vytvoření výpočetní mřížky. Komplexní program byl implementován pro řešení podmínek množství a jakosti vody. Metodika je aplikována na řešení významné srážkové události na vybraném oddělovači dešťových vod v pražské kanalizační síti.

Dynamické chování betonových mostů předpjatých vnějšími kabely

Ing. Petr Karásek

V práci se zjišťuje vliv předpětí v kabelech betonových mostů na dynamické chování mostů, a tím přeneseně i na jejich únavovou životnost. Z dynamických charakteristik významné mostní konstrukce určených modální analýzou se odvozuje skutečná velikost předpínací síly.

Nelineární statická analýza komorových mostů

Ing. Jiří Niewald

Dizertace je zaměřena na matematické modelování skutečného působení komorových mostů z předpjatého betonu při vysokých hladinách namáhání a na stanovení mezní únosnosti těchto konstrukcí. Teorie je dokumentována analýzou významného mostu a ověřena porovnáním s výsledky modelového měření.

Potenciál využití soudobých metod projektového řízení ve stavební firmě

Ing. Kateřina BOČKOVÁ
Univerzita Tomáše Bati
Zlín

V posledních letech začal stavební trh požadovat změnu při realizaci projektů. Je vyvíjen velký tlak na dodavatele různých částí projektu – projektová dokumentace, výstavba, financování. Všechny tyto vlivy by si měly jednotlivé stavební firmy uvědomovat a měly by začít analyzovat vzniklou situaci na stavebním trhu, měly by se zaměřit na aplikaci moderních metod projektového řízení a kritického řetězce.

Úvod

Již v době, kdy lidé poznali a začali uplatňovat dělbu práce a vytvářet seskupení k dosažení cílů, kterých by jako jedinci nedosáhli, se stalo řízení jednou z jejich nejdůležitějších činností. Termín projektové řízení se v takové formulaci objevil až ve dvacátém století, nicméně projektové řízení se vyskytuje paralelně po celou dobu existence lidské civilizace.

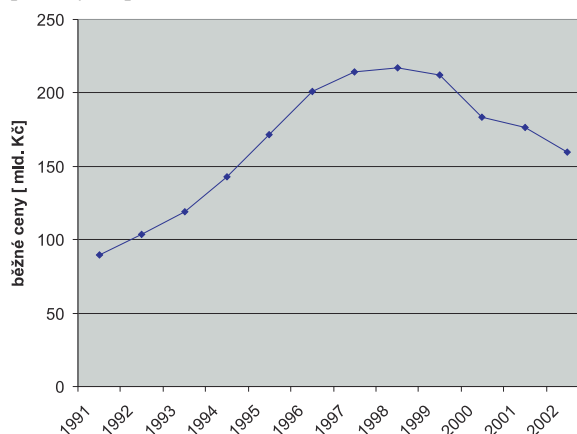
Současná doba vyžaduje, abychom uskutečňovali řadu změn a velkých akcí ve velmi krátkých termínech, s limitovanými náklady a omezenými zdroji. Přitom rychlý běh života současné společnosti neumožňuje dosáhnout cílů opakováním. Ostrá konkurence nutí firmy snižovat náklady a plánované náklady dodržovat. Podobně to platí i o termínech. V České republice, kde zatím nejsou disponibilní tuzemské investice k dispozici, se ještě stále šetří finančními prostředky s následnými časovými odhady. Ve vyspělých západních zemích je však čas kritickým faktorem úspěchu.

Česká republika brzy vstoupí mezi státy Evropské unie. Tento krok s sebou přináší řadu úskalí a staví před naše firmy, především malé a střední (dělení podle SME přijaté Evropskou komisí), úkol posílit svou konkurenční schopnost. Důvodem je, že vysokým nárokům otevřeného evropského trhu mohou vyhovět pouze úspěšné firmy. Jedna z oblastí, ve které mají naše firmy rezervy, je schopnost uskutečňovat cíle, které jsou plánované, a uskutečňovat tyto cíle s maximální jistotou. Podle průzkumu, provedeného v rámci výzkumu konkurenční schopnosti českých průmyslových výrobců, jehož nositelem je FaME UTB ve Zlíně, nechybí v 80 % českých firem (s prioritou Zlínského regionu) zásoba plánů, kvalitních a ambiciózních, ale nedostatky jsou pocítovány ve schopnostech je uskutečnit v daném termínu, s plánovanými náklady a efektivním využitím. Pro využití těchto rezerv a pro posílení pozice by podniky měly aplikovat projektové řízení jako nástroj a faktor konkurenceschopnosti.

Řízení projektů spojených s výstavbou

Stavebnictví je v České republice jedním z nejvýznamnějších odvětví národního hospodářství. Díky multiplikacím efektům příznivě ovlivňuje rozvoj v dalších odvětvích. Na tvorbě hrubého domácího produktu se podílí 7 %. Podobně jako jiná odvětví prošlo stavebnictví od

počátku devadesátých let určitým vývojem (obr. 1). Na stavebním trhu ČR a na celkovém objemu realizovaných stavebních prací se v období leden–srpen 2002 podílelo 80 tis. malých stavebních podniků (s méně než 25 zaměstnanci) a 1 710 tis. podniků středních (nad 25 zaměstnanců). Velké stavební společnosti (s počtem pracovníků nad 1 000) se podílely na produkci 14,5 %.



Obr. 1. Vývoj českého stavebnictví

Na základě šetření, provedeného dotazníkovou formou na jaře roku 2002 ve Zlínském regionu s prioritou Uherské Hradiště, v malých a středních stavebních firmách [6] jsme nuceni konstatovat, že projektové řízení není zavedeno a běžně užíváno. Přitom skutečnost, že výstavbu stavebních celků je žádoucí realizovat formou projektu (a ve stavebních firmách se v jednom časovém období realizuje více staveb) nabízí pro projektové řízení vhodné pole působnosti pro zlepšení jejich řízení.

Projektové řízení není u nás obecně známo. Firem, kde dobře funguje, je dosud málo a jsou to většinou pobočky firem se zahraniční účastí nebo se západními manažery na vedoucích funkcích. Kromě jiného spočívá příčina také v tom, že někteří pracovníci a manažeři se nechtějí učit nové metody, jsou z hlediska zavádění nových postupů konzervativní.

Ilustrací nezájmu může být výsledek šetření [6]. V zájmu spolupráce při zavádění **projektového řízení** a využívání metodiky **kritického řetězce** bylo osloveno sto malých a středních stavebních firem. Z toho 95 % je přesvědčeno, že realizaci výstavby formou projektu je projektové řízení a nemá zájem o získání bližších informací. Další 4 % mají zájem o nové informace, o případné zavádění projektového řízení, ale až ve fázi, kdy se bude běžně užívat a bude v praxi vyzkoušeno. Pouze 1 % firem bylo ochotno začít s využíváním principů projektového řízení a vyzkoušení aplikace nové metody kritického řetězce [4].

Projekt výstavby

Projekt výstavby spojené s výstavbou jsou často nazývány investiční projekty. Tato skutečnost souvisí s pojmem, který zavedla česká legislativa. Zahrnuje vše, co souvisí se stavbou, na kterou se vztahuje stavební zákon č. 50/1976 Sb.

ve znění pozdějších novel. Tento zákon reguluje investiční výstavbu jak z hlediska území, tak i ve vztahu k provádění staveb [5]. V současnosti mají projekty tyto problémy:

- překročení rozpočtu (pravděpodobnost výskytu 41 %),
- nedodržení termínů (9 %),
- časté změny obsahu (48 %),
- nedodržení kvality (2 %).

Projekt jako takový se vyvíjí v uzavřeném **cyklu**, který u každého projektu probíhá ve třech fázích:

- předinvestiční,
- investiční,
- provozu a vyhodnocení.

Cyklus projektu je rozdělen do fází z hlediska odpovědnosti za jejich řízení, ale též z hlediska vynakládání investic. Toto dělení je velmi obecné, hodí se pro jakýkoli projekt bez respektování jeho specifik. Stavební firma a stavební výroba má však řadu specifik, která je nutno při jeho strukturování brát v úvahu. Specifika stavebního podniku vyplývají z charakteru jeho výroby a následně hotového produktu. Pokud chceme do stavební firmy zavést projektové řízení, je nutno tato specifika respektovat a následně strukturování projektu jim podřídít.

Žádný projekt, ani projekt výstavby, se neobejde bez manažera projektu. U projektu výstavby mohou být pojmy manažer projektu a vedoucí stavby ztotožněny, nebo mohou být považovány za dvě různé funkce. Rozlišovacím znakem může být **kvalifikace**. Pro obě funkce je třeba mít znalosti manažera projektů a engineeringu, funkce vedoucího stavby navíc vyžaduje podle stavebního zákona zvláštní způsobilost, a posléze autorizaci na úrovni autorizovaného inženýra nebo technika [5].

Teorie omezení a kritický řetězec ve stavební firmě

Řešení velkých projektů je zpravidla komplikováno faktem, že projektu se účastní velké množství smluvních stran. Každá z nich chce dosáhnout vlastního cíle a uspokojení vlastních potřeb.

TOC/TP

Teorie omezení (Theory of Constraints – TOC) je novým přístupem k řízení a trvalému zlepšování organizace tak, aby lépe dosahovala svého cíle. Vytvořil a rozvinul ji jeden z nejvýraznějších manažerských myslitelů tohoto století, autor několika světových bestsellerů a zakladatel úspěšné sítě poradenských firem dr. Eliyahu M. Goldratt, kterého časopis Business Week nazývá novým „guru“ podnikání. Poprvé tuto teorii uvedl dr. Goldratt v knize The Goal (Cíl), která vyšla i v české verzi [3].

Hlavní myšlenkou teorie omezení je skutečnost, že každý reálný systém zahrnuje minimálně jedno úzké místo – omezení. V případě, že by v systému takové místo nebylo, pak by systém (podnik) dosahoval svého cíle neomezenou rychlostí a v neomezeném množství. U systémů, jejichž hlavním cílem je stále dosahování zisku, by zisk nyní i v budoucnosti narůstal bez omezení [3].

Teorie omezení cílů (TOC) není samostatně se vyskytující nástroj zlepšování firemních procesů. Navazují na ni ostatní nástroje řízení označované jako TOC/TP. Mezi tyto nástroje patří pro potřeby řízení stavebních firem **metoda kritického řetězce**. TOC má usnadnit nejen stavebním podnikům, ale i jiným organizacím vytvoření vlastních řešení, která odstraní problémy označované v podstatě za neřešitel-

né [4]. Na základě dosavadních implementací, především zahraničními stavebními firmami, je TOC/TP účinná metodika řešení konkrétních problémů i dlouhodobých konfliktů uvnitř organizací.

Mnoho stavebních firem je schopno si spočítat potenciální výhody takového stavu, jako je dokončení projektů včas, nepřekročení rozpočtů a dodržení původních specifikací, uvědomuje si možnost ušetření nákladů, dodatečných tržeb, zvýšeného podílu odbytu na trhu. Řada firem již vyvíjela vlastní iniciativu a využívala programy pro zlepšení výsledků, ale tyto výsledky nepřinesly dlouhodobě **udržitelná** zlepšení [2].

Většina stavebních projektů se realizuje za účelem vytvoření nového stavebního díla, např. betonárny, rodinného domu, tenisové haly, nebo v zájmu modifikace již existujícího celku, jako je přidání dalšího jízdního pruhu silnice či dálnice. V každém případě dokončení tenisové haly dva týdny po začátku Davisova poháru nebo dokončení kongresového centra po zahájení konference má velmi nepříznivé důsledky pro vlastníka projektu.

Důležitou charakteristikou uvedených skutečností je **kontrahování** zdrojů, které se provádí ve vazbě na jednotlivé činnosti projektu výstavby podle strukturního plánu. Není neobvyklé, že jednotlivé zdroje (pracovníci a jejich dovednosti, finanční zdroje, technické prostředky) jsou často vázány k více než jedné činnosti v jednom projektu. Stavebnictví je typickým příkladem **multiprojektování**. Nevýhodou projektů výstavby je rovněž malá schopnost podrobně navrhovat činnost jednotlivých subdodavatelů se stanovením termínů. Zde je správním vakuem jejich zdroje přímo řídit.

Rozhodnutí týkající se použití **omezených zdrojů** je třeba řešit kompromisem. Kompromis se jeví jako střet mezi dostupností zdrojů od definiční fáze projektu výstavby až po fázi dokončení. Je třeba rozhodnout o nejlepší možné variantě alokace zdrojů. Samozřejmě bychom mohli využít klasické finanční přepočty pomocí **Net Present Value** nebo **Net Future Value**, postup však neřeší omezené zdroje. Právě limitování zdrojů je jedním z hlavních faktorů úspěšného projektového řízení staveb

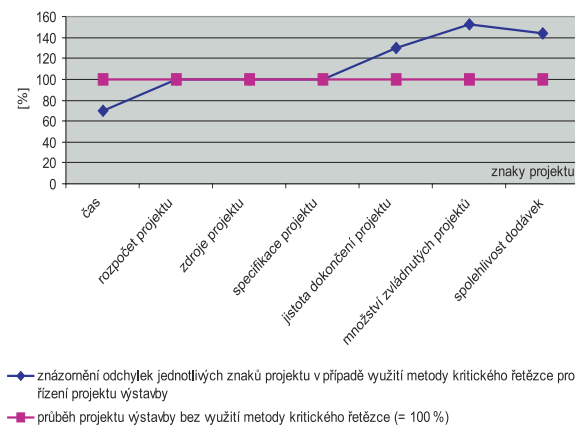
Teorie omezení v rámci projektového řízení využívá k vyjádření výše investic omezeného zdroje indikátor, který se nazývá **Flush**. Charakteristika řeší kvantifikaci omezeného zdroje investice, neřeší jeho časové využití, které je součástí projektového plánování a řízení [2]. Trvání projektu výstavby je dáno harmonogramem projektu (např. metodou kritické cesty), ale i vyřešením problematiky omezených zdrojů a jejich rozvržení v projektu výstavby. Faktory by měly být důsledně řízeny a chápány jako omezení.

Je účelné se seznámit s principem metod TOC a kritického řetězce a s požadavky na změny firemní organizace, kultury a jiných aspektů při jejich zavádění, pak je aplikovat na jeden zkušební projekt, a nakonec projektové řízení v této podobě zavést do obecného podvědomí firmy. Obě tyto metody úzce souvisí.

Při aplikaci TOC ve stavební firmě je třeba se zaměřit na nejslabší článek systému stejně jako v jiných organizacích. Je vhodné k tomu využít dotazník, který by měla vyplnit široká veřejnost i jednotliví pracovníci firmy na různých úrovních řízení. Uvedeným způsobem lze identifikovat úzká místa – omezení určitého stavebního podniku (*tab. 1*). V konkrétním případě vyplnilo dotazník 200 subjektů, z toho 60 % tvořily stavební firmy zabývající se kompletní dodávkou staveb i subdodávkami, 20 % pracovníci podniků zabývajících se dodávkou stavebních materiálů, provozních souborů a vybavení stavenišť, zbývajících 20 % veřejnost.

Kritický řetězec

Jakmile firma identifikuje svá omezení a naučí se je řídit, může přistoupit k aplikaci kritického řetězce. Předběžné výsledky aplikace ve stavební firmě jsou uvedeny v grafu na obr. 2. Mají zatím pouze informativní charakter, jsou získány z jednoho typu pilotního projektu. Aby měly vyšší vypovídací schopnost, musí být aplikace kritického řetězce vyzkoušena u více projektů.



Obr. 2. Výsledky aplikace metody kritického řetězce na pilotním projektu výstavby

Část zásad metody kritického řetězce představuje v podstatě nápravu chyb vyskytujících se při aplikaci klasické metody (opírající se o CPM či PERT), tedy nikoli o chyby metody, ale jejího uplatnění [1]. Posláním metody je zvýšení výkonnosti projektu. Vyjadřuje především výraznou změnu přístupu, která se dotkne každého účastníka projektu. Aplikace vyžaduje dostatečný systém řízení zdrojů a navrhování opatření v projektech v souvislosti s kritickými zdroji [1].

Tab. 1. Omezení projektu výstavby

Omezení projektu			
1. úroveň	2. úroveň	3. úroveň	4. úroveň
zajištění nejkratšího trvání projektu	časové řízení projektu	hlavní události: ukončení určitých dodávek většinou požaduje investor, zákazník nebo je dáno vnějšími faktory (soudně stanovené datum dokončení projektu)	
vyřešení střetu mezi zdroji	finanční řízení projektu	předem definovaný rozpočet: o rozsahu projektu, počtu pracovníků i harmonogramu rozhoduje tým	
	projektové personální řízení	omezení mohou být různá, a to:	<ul style="list-style-type: none"> ● organizační struktura ● kolektivní smlouvy, mohou mít vliv na organizaci nebo na informační vazby v případě, že skupiny zaměstnanců jsou účastníky projektu ● preference řídicího týmu projektu ● předpoklady pracovníků k plnění úkolů
	obchodní řízení projektu	ustanovení kontraktu	

Pro snadné a přehledné řízení firmy metodou kritického řetězce by bylo vhodné zavést jinou organizační strukturu, která by nahradila v současnosti hojně používanou hierarchickou (používá ji dosud cca 63 % českých podniků). Typické dlouhé komunikační kanály mohou způsobit zdržení příkazů nebo včasné poskytnutí informací. Dobrá organizační struktura musí odpovídat rozsahu jednotlivých projektů z hlediska pravomoci, odpovědnosti a kontroly. Měla by mít zachovány vztahy podřízenosti a nadřízenosti a být zvolena i s ohledem na průhledné sledování toku a řízení nákladů a dodržování termínů.

Obecné metody projektového řízení nabízejí celou škálu organizačních struktur. Ne všechny jsou však vhodné pro projekt výstavby. Pro stavební firmu je nejvhodnější projektová struktura, pokud stavební firma realizuje permanentně menší množství projektů, síťová struktura. Samozřejmě se zaváděním projektového řízení a nové organizační struktury musí souhlasit všichni pracovníci vedení podniku a musí být podpořeno vrcholovým vedením firmy. Management má vytvořit vhodné prostředí pro dosahování projektových cílů a realizaci projektových prací.

Literatura

- [1] Goldratt, E. M.: Kritický řetězec. Praha, InterQuality 1999.
- [2] Goldratt, E. M.: Cíl. Praha, Goldratt CZ 1999.
- [3] www.goldratt.com
- [4] Vráblík, M. a kol.: Konkurenceschopnost malých a středních firem. [Dílčí výzkumná zpráva], CZE:J22/98:265300021 Výzkum konkurenční schopnosti českých průmyslových výrobců. Zlín, 2002.
- [5] Matějka, V. – Mokry, J. a kol.: Dos M 15 – Management projektů spojených s výstavbou. Praha, IC ČKAIT 1998.
- [6] Bočková, K.: Management projektů spojených s výstavbou metodou kritického řetězce [Dizertace], UTB Zlín, 2002.

Bočková, K.: Potential Application of Current Methods of Project Management in Construction Firms

Recently the construction market has begun to require changes in undertaking construction projects. Sub-contractors of particular parts of the construction project, such as project documentation, construction, and financing, have come under pressure. Construction firms should realize all these above mentioned effects and they should begin to analyze the situation arising in the construction market. They should focus on the application of modern methods of project management – TOC and the critical chain.

Bočková, K.: Potenzial der Anwendung der gegenwärtigen Methoden des Planungsverfahrens in einer Baufirma

In letzter Zeit begann der Baumarkt Veränderungen bei der Bauplanung zu verlangen. Es wird ein starker Druck auf die Auftragnehmer verschiedener Teile des Projekts, die Planung, die Bauausführung und die Finanzierung, entwickelt. Alle diese Einflüsse sollten sich die Baufirmen bewusst zu machen beginnen, die entstandene Situation auf dem Baumarkt analysieren. Sie sollten sich auf die Anwendung moderner Methoden des Projektmanagements – TOC und kritische Kette – konzentrieren.

• osobní zprávy

Zemřel nestor českých vodohospodářů prof. Ing. Dr. Ladislav Votruba, DrSc.



Dne 1.10.2002 zemřel ve věku 88 let nestor českých vodohospodářů a přehradářů pan prof. Ing. Dr. Ladislav Votruba, DrSc. Významný český vodohospodářský odborník, který na Fakultě stavební ČVUT založil vědeckou školu v oborech vodohospodářských řešení nádrží, vodohospodářských soustav a přehradního stavitelství, se věnoval i dalším otázkám inženýrství, výchově a rozvíjení tvůrčí činnosti techniků

a inženýrů, vysokoškolské pedagogice a v posledních letech pak zvláště otázkám historie vodního hospodářství a vodního stavitelství a jeho vztahů k životnímu prostředí.

Narodil se 6.5.1914 v Radlicích na Kolínsku. Vystudoval na Vysoké škole inženýrského stavitelství při ČVUT a dalších plných padesát let svého života věnoval zanícené pedagogické činnosti na Českém vysokém učení technickém. Na Fakultě inženýrského stavitelství byl v několika funkčních obdobích děkanem, popř. proděkanem, a členem vědeckých rad. V sedmdesátých letech byl vedoucím katedry hydrotechniky na stavební fakultě. Vždy se aktivně podílel na všech významných krocích a pracích, které kdy ČVUT a jeho Fakulta stavební podnikaly v oblasti koncepce studia či studijních plánů. Ještě po roce 1990 byl členem Vědecké rady ČVUT. Přednášel řadu profilových a dalších předmětů, z nichž mnohé vůbec jako první koncipoval a zavedl je jakožto bezprostřední odraz světového odborného a vědeckého vývoje v oboru.

O veškeré dění na ČVUT, na fakultě a na katedře se zajímal téměř do posledních dnů svého života. Byl v přímém kontaktu se svými žáky, spolupracovníky a přáteli, připravoval rukopisy článků a studií z různých oblastí, jimiž se ve stále tradičně širokém záběru zabýval a podle možností se zúčastňoval i odborných akcí. Okolí velmi oceňovalo jeho roli moudrého a vlídného rádce. Nacházelo u něj vždy velkorysou a obětavou podporu.

Pro vodohospodářskou vědu a praxi přinesl originální poznatky zejména v oblasti zavádění pojetí zabezpečení, resp. spolehlivosti do vodohospodářských řešení, aplikací teorie pravděpodobnosti a teorie náhodných procesů ve vod-

ním hospodářství a ve výzkumu vodohospodářských soustav. V oblasti vodohospodářských staveb, jmenovitě přehrad, patřil mezi nejpřednější authority nejen u nás, ale i ve světě. Zabýval se v podstatě všemi dílčími oblastmi přehradní výstavby, z nichž lze připomenout moderní technologie výstavby přehrad a později i odkališť a použití v tehdejších dobách netradičních materiálů. Byl činný v prestižní Mezinárodní přehradní komisi, jejímž byl v sedmdesátých letech minulého století viceprezidentem. Mezinárodní věhlas získal mimo jiné účastí na expertizách po katastrofě vodního díla Vajont v Itálii v šedesátých letech minulého století, které byly vysoce ceněny pro hluboké vědecké založení a příkladnou objektivitu.

Rozsáhlá a pilná vědeckovýzkumná a odborná činnost podnítila vznik stovek vědeckých a odborných prací a publikací, z nichž lze uvést např. monografie „Hospodaření s vodou v nádržích“ (s V. Brožou), „Vodohospodářské soustavy“ (s K. Nacházelem a kol. autorů), které byly přeloženy též do angličtiny, popř. do ruštiny, a další monografie „Spolehlivost vodohospodářských děl“ (s J. Heřmanem a kol.) a „Teplotní a zimní režim toků, nádrží a vodních děl“ (s A. Paterou). Do autorských týmů vědeckých studií a monografií vždy příkladně zval mladší kolegy a spolupracovníky.

Poslední roky svého plodného života věnoval zejména historii vědy a techniky se zaměřením na obory vodního hospodářství a vodního stavitelství a neustále aktuálním otázkám vztahu vodohospodářské činnosti a vodohospodářských staveb a životního prostředí. V této době vznikly např. jeho knihy „Vztahy mezi vodním hospodářstvím a přírodou v České republice“ a „Rozvíjení tvůrčí činnosti techniků“.

Profesor L. Votruba byl mezinárodně uznávanou odbornou, vědeckou a pedagogickou osobností a vynikajícím členem akademické obce ČVUT a jeho Fakulty stavební, který se významně zapsal do jejich historie. Jeho početní žáci, spolupracovníci a přátelé vysoce oceňovali jeho vysoké odborné, vědecké, pedagogické a lidské kvality a mimořádnou pracovitost a všestrannost.

Čest jeho památce!

Adolf Patera, František Čihák

STAVEBNÍ OBZOR

ROČNÍK 12 ČÍSLO 3/2003

Navigace v dokumentu

OBSAH

Stejskal, F. Ocel a sklo	65
Wasserbauer, R. Vliv mikroorganismů ze záplavových vod na funkci infúze na bázi organokřemičitých sloučenin	73
Zapletalová, M. – Gregerová, M. Vliv solí a mikroflóry vlhkého zdiva na sanační omítky	76
Gajdošík, J. – Zeman, J. – Šejnoha, M. Příprava geometrického modelu pro mikromechanickou analýzu	80
Suchá, J. Odvození vztahů pro výpočet úhlů stočení odrazných terčů	83
Novák, J. Moderní optické metody měření vibrací v průmyslu – celoplošné techniky	86

3 • 2003

ročník 12

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**CONTENTS****INHALT**

Stejskal, F. Ocel a sklo 65	Stejskal, F. Steel and Glass 65	Stejskal, F. Stahl und Glas 65
Wasserbauer, R. Vliv mikroorganismů ze záplavových vod na funkci infúze na bázi organokřemičitých sloučenin 73	Wasserbauer, R. The Effect of Microorganisms from Inundation Waters on the Function of Infusion Based Organosilicone Compounds 73	Wasserbauer, R. Der Einfluss von Mikroorganismen aus Überschwemmungswässern auf die Infusionsfunktion auf Basis organosilikatischer Verbindungen 73
Zapletalová, M. – Gregerová, M. Vliv solí a mikroflóry vlhkého zdiva na sanační omítky 76	Zapletalová, M. – Gregerová, M. Effects of Salts and Microflora of Damp Masonry on Sanitation Plasters 76	Zapletalová, M. – Gregerová, M. Der Einfluss von Salzen und der Mikroflora von feuchtem Mauerwerk auf Sanierungsputze 76
Gajdošík, J. – Zeman, J. – Šejnoha, M. Příprava geometrického modelu pro mikromechanickou analýzu 80	Gajdošík, J. – Zeman, J. – Šejnoha, M. Preparation of a Geometrical Model for Micromechanical Analysis 80	Gajdošík, J. – Zeman, J. – Šejnoha, M. Vorbereitung eines geometrischen Modells für die mikromechanische Analyse 80
Suchá, J. Odvození vztahů pro výpočet úhlů stočení odrazných terčů 83	Suchá, J. Derivation of Relations for the Calculation of Angles of Reflection Targets Turn 83	Suchá, J. Ableitung von Beziehungen für die Berechnung der Drehwinkel von Reflexionsschildern 83
Novák, J. Moderní optické metody měření vibrací v průmyslu – celoplošné techniky 86	Novák, J. Modern Optical Methods for Measuring of Vibrations in Industry: Full-Field Techniques 86	Novák, J. Moderne optische Methoden zur Messung von Vibrationen in der Industrie – Ganzflächentechniken 86

REDAKČNÍ RADA**Předseda:**

prof. Ing. Jiří STUDNIČKA, DrSc.

Místopředseda:

doc. Ing. Alois MATERNA, CSc.

Tajemníci:

doc. Ing. Milan KAŠPAR, CSc.

doc. Ing. Jindřich ŠMEJČKÝ, CSc.

Členové:

Ing. Miroslav BAJER, CSc.

doc. Ing. Pavel HÁNEK, CSc.

Ing. Jiří HIRŠ

Ing. Ivan HRDINA

doc. Ing. Vladimír JELÍNEK, CSc.

Ing. Miroslav JEŽEK, CSc.

doc. Ing. Miroslav KAUN, 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.

prof. Ing. Adolf PATERA, DrSc.

doc. Ing. Miroslav PAVLÍK, CSc.

prof. Ing. J. PROCHÁZKA, CSc.

doc. Ing. Vlastimil STARÁ, CSc.

Ing. Karel SVOBODA

doc. Ing. Jiří VÁŠKA, 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 tisku 31. 1. 2003. Nevyžádané rukopisy se nevracejí.

INDEX 47 755, ISSN 1210-4027

STAVEBNÍ OBZOR

ROČNÍK 12

ČÍSLO 3/2003

Ocel a sklo

Ing. František STEJSKAL

STÚ-K, a. s.

Praha

Sklo jako stavební prvek v exteriéru i interiéru má v současné etapě stavebnictví zelenou a společně s nosnou (nejčastěji ocelovou) konstrukcí dosahuje nevšedního architektonického efektu s vynikající lehkostí. Lehkost zdůrazní i táhla Detan s elegantními čepovými hlavicemi a možností délkové rektifikace použitá na tažené prvky nebo na zavětrování ve tvaru zkřížených diagonál, což je požadovanému průhledu plášťových nebo střešních ploch nejméně na překážku.

zkušební laboratoře věnovaly patřičnou pozornost nanačným problémům a hledaly pro ně vhodná řešení.

Projektant–konstruktér má v současnosti možnost sklo připevnit k nosné konstrukci buď pomocí sítě různě tvarovaných lišt s těsněním, nebo terčově přes čepy umístěné na speciálním „pavouku“. Každá skleněná tabule nebo skleněný sendvič je zavěšen na dvou čepích, kde jeden je pevný a druhý kluzný. Všechny další úchyty jsou kluzné ve všech směrech a podírají sklo jen ve směru vodorovném proti tlaku nebo sání větru. Oba druhy zasklení autor představil na loňském pražském Salonu architektů na čtyřech realizovaných stavbách.

Je třeba uvést, že do nedávné doby byla aplikace konstrukčního skla ve stavebních objektech v kombinaci s nosnou ocelovou konstrukcí založena ponejvíce na empirii a zkušenostech, které postačovaly pro návrh zasklení otvorů tradičních budov. Rozvoj stavebnictví dnes, zvláště u občanských staveb, vede k výrazné aplikaci velkoplošných skleněných konstrukčních dílů, kde sklo ovlivňuje pohodu vnitřního prostředí, ať je použito ve stěnách, nebo střeše. Skutečné působení i spolehlivost dílců z konstrukčního skla je z mnoha hledisek odlišná v porovnání s ocelí nebo jiným stavebním materiálem. Na rozdíl od ocelové konstrukce, kde v místě lokálních špiček napětí dochází k zplastizování materiálu, a tím k redistribuci sil a namáhání, u konstrukčního skla dojde k vyčerpávání pevnosti, a následně ke křehkému lomu. Je tedy žádoucí, aby odborná pracoviště a

Česká spořitelna v Praze 4

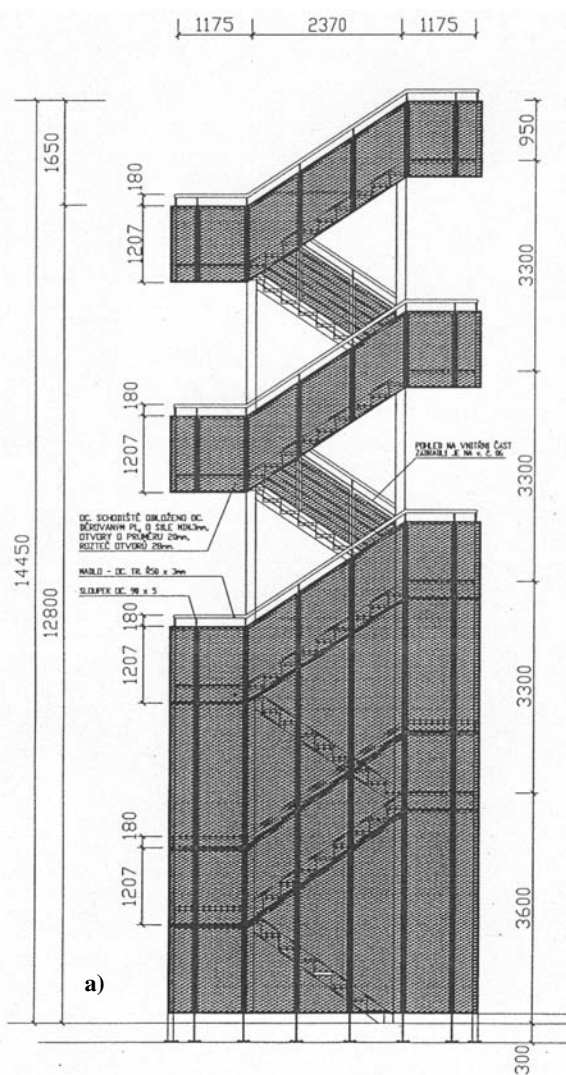
Objekt dokončený v roce 2000 (*obr. 1*) doplňuje komplex budov České spořitelny na Budějovickém náměstí. Tři šestipodlažní železobetonové budovy, půdorysně umístěné ve tvaru písmene „E“, jsou v čelní části spojeny proskleným objektem lichoběžníkového tvaru o délce 53,9 m. Ocelová nosná konstrukce, která tvoří nosný rastr pro skleněnou fasádu, je ve tvaru vysokých štíhlých dvoukloubových rámců, na jejichž stojce přiléhající k železobetonové konstrukci kanceláří jsou ve všech patrech konzoly vynášející stropy spojovacích galerií. Propojení jednotlivých podlaží tohoto vstupního foyer je třemi výtahy, umístěnými ve vypouklé části čelní stěny, a současně ocelovým schodištěm půdorysně ve tvaru kruhového segmentu (*obr. 2*). Další ocelové schodiště s polokruhovými podestami, umístěné venku a opláštěné děrovaným plechem, je navrženo jako únikové (*obr. 3a*). Podlahy spojovacího foyer i schodiště



Obr. 1. Česká spořitelna v Praze 4 – celkový pohled



Obr. 2. Česká spořitelna v Praze 4 – skleněné vnitřní schodiště púdorysně tvaru kruhového segmentu



stupně jsou z lepeného skla tónovaného zeleně (obr. 3b). Z ocelářského hlediska je zajímavé, že nosné rámy vzájemně vzdálené 3,15 m, konzoly podlah a podlahové nosníky nemají obvyklý tvar „I“. Rámy v příčném řezu jsou svařence do písmene „dvojitého H“ a podlahové nosníky svařence tvaru písmene „T“ nebo nesymetrického kříže.

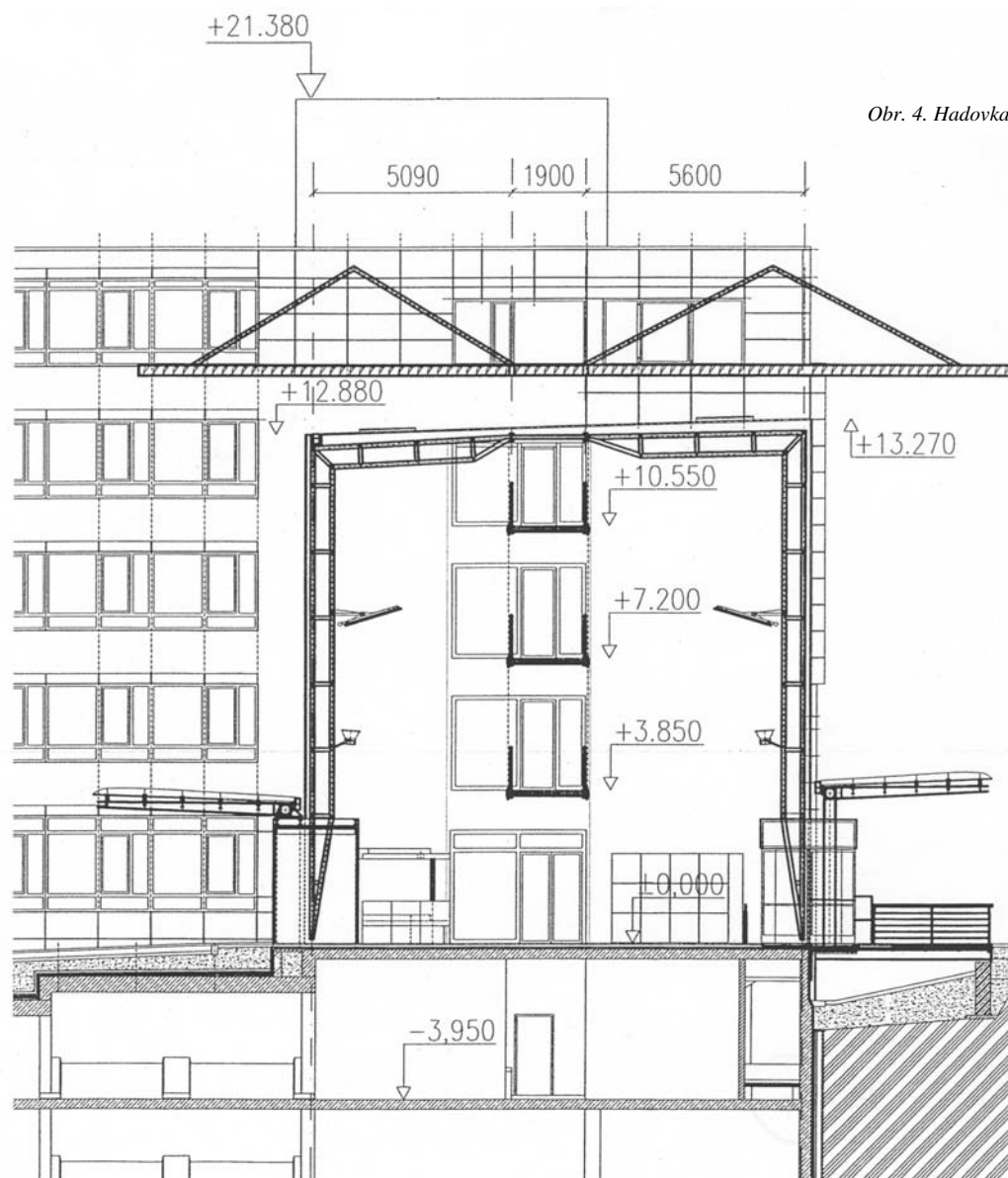
Zavětrování ve střeše i ve stěně je z kruhových táhel Detan. Celková hmotnost ocelové nosné konstrukce je 98 t. Jejím dodavatelem byla Subterra Zbraslav, a. s., a Exmont TEMA, a. s., Hradec Králové. Projekt vznikl ve spolupráci s Ing. arch. M. Kotíkem a Ing. arch. M. Zemanem z ateliéru AMIKRON-K Praha.

Administrativní komplex Hadovka

V roce 1999 byl dokončen v Praze-Dejvicích administrativní komplex Siemens o pěti blocích s podlahovou plochou kanceláří více než 15 tis. m² čtverečních (obr. 4). Mezi bloky „A“ a „B“ byl vložen čtyřpodlažní hranol pojatý jako vstupní areál, který umožňuje průchod mezi sousedními bloky po zavěšených lávkách šířky 1,9 m ve vyšších třech podlažích. Jak boční stěny, tak i střecha jsou opatřeny skly s terčovým upevněním. Skla velikosti 2 913 x 1 675 mm jsou k nosné ocelové konstrukci vodorovně připevněna v šesti bodech, přičemž jen dva úchyty vynášejí sklo ve svislém směru gravitace. Ocelová nosná konstrukce je z trubkových polorámů ve tvaru Vierendelových nosníků. Paždíky jsou trubkové-vzpěrkové. Veškeré zavětrování a zavěšení spojovacích lávek ve třech horních podlažích je z prvků typu Detan. Podlaha na lávkách je opět z lepeného barevně tónovaného skla. Proti nežádoucím účinkům slunce jsou nad prosklenou střechu na podstatně větší ploše umístěny lamelové pevné žaluzie, vynesené ocelovými závěsy s klouby. Vstupy na obou stranách jsou kryty skleněnými přístřeš-



Obr. 3. Česká spořitelna v Praze 4 – venkovní únikové schodiště a – schéma, b – pohled



Obr. 4. Hadovka – příčný řez



Obr. 6. Hadovka – interiér vstupu s lávkami zavěšenými na táhlech



Obr. 7. Hadovka – skleněný přístřešek u zadního vchodu



Obr. 5. Hadovka – vstupní hala za večerního osvětlení

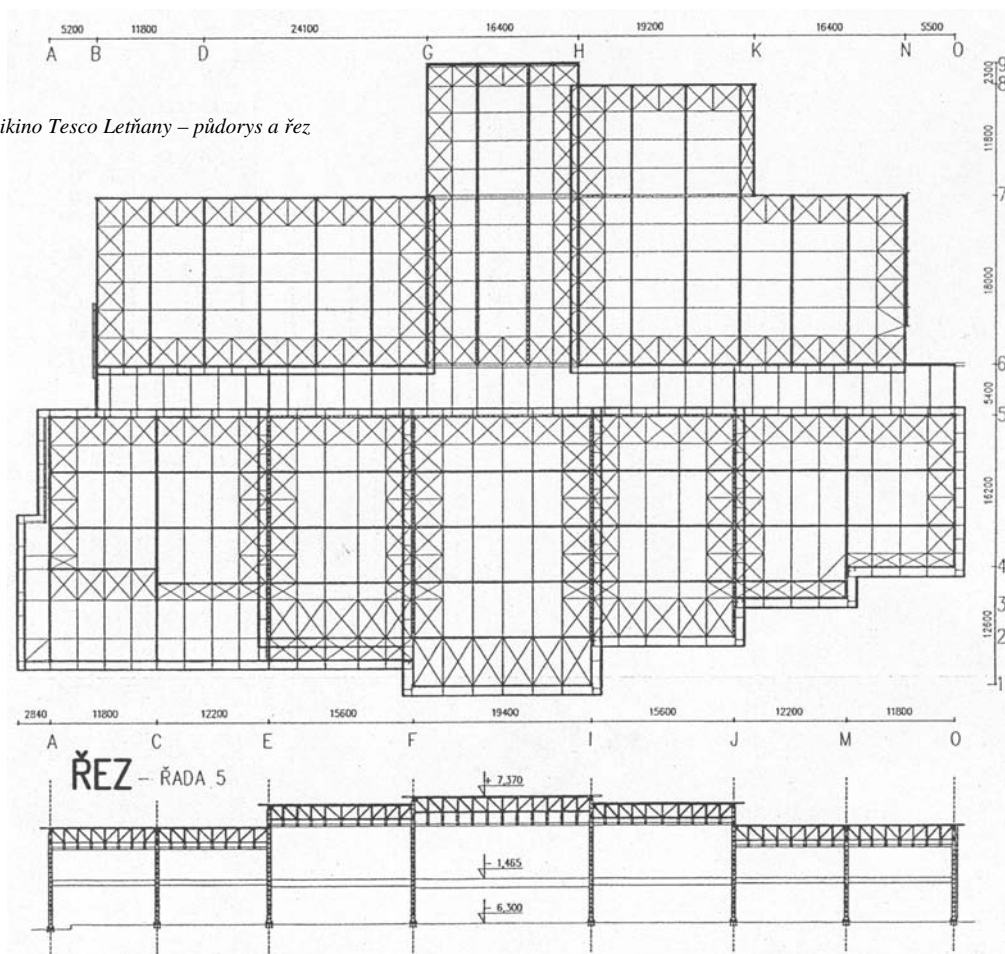
ky z terčově upevněného skla půdorysně ve tvaru motýlích křídel (obr. 5). Hmotnost ocelové nosné konstrukce vstupního areálu je 12,5 t, nosná konstrukce pro žaluzie 7,62 t a

dva vstupní přístřešky se vstupním můstkem 4,7 t (obr. 6, obr. 7). Výrobce ocelové konstrukce byl ALBET METAL, s. r. o. Projekt vznikl ve spolupráci s Ing. arch. L. Patou a Ing. arch. P. Koudovským z ateliéru PAK.

Multikino Tesco

Do provozu bylo uvedeno před vánocemi 2002. Stavba je součástí prodejního a zábavního komplexu vznikajícího v těsné blízkosti prodejny TESCO v Letňanech u Prahy. V podstatě jde o dvanáct kinosálů půdorysně i výškově členitých, spojených jednopatrovou chodbou a vstupním foyer. Celková plocha multikina je asi 98,6 x 66,3 m. Nosná ocelová konstrukce (obr. 8, obr. 9) je tvořena sloupy vetknutými do základů, na nichž jsou uloženy střešní příhradové průvlaky a vazníky. Vaznice jako prosté nosníky jsou šroubovány z boku mezi průvlaky a vazníky se společným horním lícem ve sklonu krytiny 1 : 10. Konstrukčně to znamená, že při svislé poloze těchto příhradových nosníků a při šikmé rovině střechy musely být horní pásy nakloněny. Použitím trubek na diagonály a svislice dochází k mírnému zvětšení pracnosti při jejich řezání (obr. 10). Zavětrování ve střešních rovinách i ve stěnách bylo voleno ze zkřížených čepově připojených diagonál. Střešní krytina byla původně navržena jako sendvič s nosným trapézovým plechem, pod nímž bude na vaznicích zavěšen dvojitý podhled. Během výstavby byla tato střešní skladba zaměněna na sendvičové panely RANNILA s jedním podhledem. Podlaha a střeška spojovací chodby a foyer jsou navrženy jako železobetonové desky do ztraceného bednění z trapézového plechu. Tyto dvě úrovně mají z důvodů instalace technolo-

Obr. 8. Multikino Tesco Letňany – půdorys a řez





Obr. 9. Multikino Tesco Letňany – celkový pohled na smontovanou konstrukci

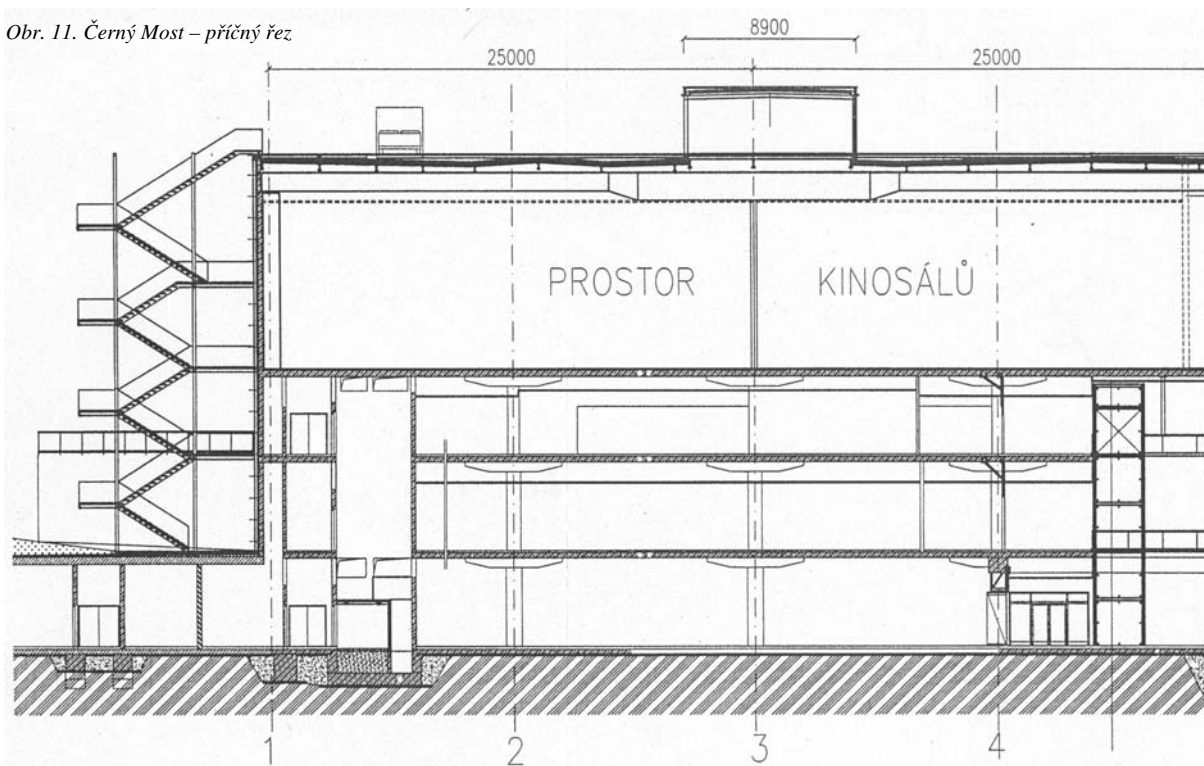
gických zařízení nezbytných pro provoz multikina užitnou nosnost 7 a 9 kN/m².

Hlediště v jednotlivých kinosálech mají stupně ze železobetonových prefabrikátů uložených na ocelovém skeletu, který musel být od hlavní nosné konstrukce zvukově dilatován. Hmotnost ocelové nosné konstrukce multikina vyjma skeletu hledišť, ale včetně pozinkovaných venkovních únikových schodišť, činí 550 t. Dodavatelem ocelové konstrukce z oceli S235 a S355 byl Metrostav, a. s., Praha. Byla navržena ve spolupráci s architekty londýnské firmy CHAPMAN TAYLOR.

Zábavní centrum Černý Most

V blízkosti nákupního střediska na Černém Mostě v Praze byla před vánocemi roku 2000 dostavěna čtyřpodlažní budova z monolitické železobetonové konstrukce délky 100 m a šířky 56 m (obr. 13). Dolní tři podlaží do výšky +14,5 m jsou určena pro další nákupní prostory. Ocelová nástavba od výšky +14,5 m do 25,75 m slouží pro promítací sály multikina a pro restaurační zařízení (obr. 11). Střešní nad plochou 100 x 50 m je řešena spojitými plnostěnnými vazníky o dvou polích rozpětí 25 m s náběhem nad střední podporou, při vzájemné vzdálenosti hlavních vazeb 10 m.

Obr. 11. Černý Most – příčný řez





Obr. 12. Černý Most – pohled na 25 m vysoký štít a podélnou skleněnou stěnu



Obr. 10. Černý Most – detail stavby

Vaznice v celé délce 100 m (kloubové nosníky) jsou výškově rozmístěny tak, aby na střeše byly vytvořeny čtyři podélné žlaby pro odtok vody. Nad její střední podporou byl navržen zastřešený a z boků krytý koridor výšky asi 3,5 m a šířky 8,9 m, určený pro umístění veškeré technologie, které větrání a vůbec provoz tohoto objektu vyžaduje. Hlavním nosným prvkem koridoru byl dvoukloubový plnostěnný rám. Nosným prvkem střešních vrstev i střešy koridoru je trapézový pozinkovaný plech. Prostor pro kina je ocelovými příčkami rozdělen na dvanáct kinosálů různé velikosti, v nichž stupně hlediště ze železobetonových prefabrikátů vynášejí ocelové skelet.

Prostor šířky 6 m podél severní stěny v celé délce a v celé výšce objektu 25 m a u štítů byl provozně pojat jako vstupní areál – foyer s pohyblivými schodišti. Jeho opláštění bylo voleno opět terčovým zasklením o rekordním rozměru skel 3,333 x 2,250 m (obr. 12). Skla jsou upevněna vodorovně v šesti bodech, svisle ve dvou. Nosná konstrukce je z příhradových trubkových polorámů vzdálených navzájem 10 m. Ty jsou propojeny příhradovými pažďíky, ovšem pro odlehčení výškově i půdorysně odskočeny od styčnic asi o 200 mm. Svislé vyvážení pažďíků, a tím i skel, je táhly Detan (obr. 14, obr. 15). Pod průhlednou střešou je v této části umístěna drážka pro pojezd kabiny sloužící k čištění skel či jejich případné opravě. Na jižní straně podél celé budovy je umístěno šest únikových venkovních schodišť, z nichž jedno vede až na střešinu. Podlaha, podesty a schodišťové stupně jsou z tahokovu. Ochrana proti korozi venkovních schodišť je řešena pozinkováním. Celková hmotnost ocelových nosných konstrukcí jakosti řady S235 a



Obr. 14. Černý Most – průhled skleněnou stěnou



Obr. 13. Černý Most – pohled z dálnice

S355 je asi 442 t. Výrobce byla firma O.K. Konstrukce, s. r. o., Kolín. Na projektu spolupracoval arch. Hubert BEER z firmy Achammer Tritthart Partner z Mnichova.

Projekty ocelových konstrukcí všech čtyř uvedených staveb vypracoval autor tohoto článku, a to ze šedesáti procent až do podrobností dílenské dokumentace.



Obr. 15. Černý Most – stěna za nočního osvětlení s programy v kinosálech

Stejskal, F.: Steel and Glass

Glass is frequently used in the current construction industry as a building material in both the exterior and interior. In combination with the load-bearing structure, typically made of steel, glass produces highly impressive architectural effects marked with unusual lightness. Lightness is also stressed by the applied Detan tension rods with elegant pin caps allowing length rectification which gives origin to tensioned elements or the wind bracing in the form of crossed diagonals. Such a bracing enhances the required vista of envelope or roof areas.

Stejskal, F.: Stahl und Glas

Glas als Bauelement im Innen- und Außenbereich hat in der gegenwärtigen Etappe des Bauwesens grünes Licht und erreicht zusammen mit der am häufigsten aus Stahl bestehenden Tragkonstruktion einen nicht alltäglichen architektonischen Effekt mit wunderbarer Leichtigkeit. Die Leichtigkeit wird auch durch eingesetzte Detan-Zugstäbe mit eleganten Bolzenköpfen und der Möglichkeit der Längenjustierung für die Zugelemente oder die Windverbände in Form von gekreuzten Diagonalen betont, was den gewünschten Durchblick durch die Außenwand- oder Dachflächen am wenigsten behindert.

Soubor předpisů soukromého stavebního práva

Štenglová, I.

Nakladatelství ARCH, ABF, a. s., Praha, 2002, 160 s., 290 Kč

Soubor předpisů soukromého stavebního práva byl uspořádán s cílem nabídnout čtenářům výběr z nejdůležitějších předpisů soukromého stavebního práva, tedy předpisů, které upravují soukromoprávní vztahy ve výstavbě a kterými se musí řídit každý, kdo se na výstavbě jakkoli podílí. Součástí jsou vybrané partie občanského a obchodního zákoníku a zákona o zadávání veřejných zakázek. V úvodu je poměrně podrobně vysvětleno, jak s předpisy zařazenými do souboru pracovat ve vzájemných vazbách, kdy má použití toho kterého přednost před ostatními a jaká je povaha jejich ustanovení, tj. kdy se od nich lze ve smlouvě odchýlit a kdy bude odchylka způsobovat neplatnost příslušné části smlouvy (či dokonce smlouvy celé).

Vliv mikroorganismů ze záplavových vod na funkci infúze na bázi organokřemičitých sloučenin

doc. Ing. Richard WASSERBAUER, DrSc.
 ČVUT – Fakulta stavební
 Praha

Organokřemičitý skelet na bázi alkoxyilanů není proti mikroorganismům ze zátopové vody zcela rezistentní. Krátkodobé expozice (20 až 60 dnů) v kulturách mikrobu měly za následek vzestup sorbce vody do pískovcových těles s aplikovanými alkoxyilany až o 4,5 % hm. proti stejně ošetřeným, kontrolním, neinfikovaným vzorkům. Současně stoupl obsah volného křemíku v kultivačním médiu proti kontrole až o 3, 20 mg·l⁻¹. To svědčí o pomalé, ale prokazatelné degradaci organokřemičité impregnace pískovcového kamene.

Úvod

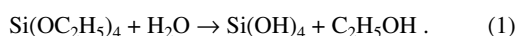
Vlhké zdivo omezuje, případně znemožňuje používání obytných, průmyslových i historických objektů. Jedním z mnoha postupů, jak dosáhnout výrazného a trvalého snížení obsahu vlhkosti ve zdivu způsobené vztlínající vodou (zemní vlhkostí), je chemická hydroizolace. Technologický postup injektáží spočívá ve vytvoření soustavy vrtů v rovině, kde je požadována ochrana proti vztlínající vodě. Injektážní látka se zavede do soustavy vrtů, kde dojde k prosycení (penetrování) porézního zdiva injektážním roztokem. Prosycená zóna zdiva brání vztlínající vodě, a plní tak funkci dodatečné hydroizolace

Prvními používanými konsolidanty byly polyvinylacetátové disperze, které později vystřídaly akrylátové polymery. Další významnou skupinou polymerních konsolidantů jsou epoxidové pryskyřice, které jsou nepostradatelné pro konsolidaci hrubě poškozeného kamene, jehož zrna jsou větší než 2 mm.

Velmi důležitou a v současné době běžně používanou skupinou látek pro konsolidaci a impregnaci kamene jsou látky na bázi alkoxyilanů, které polykondenzací poskytují siloxanové filmy. V případě tetraalkoxyilanů vzniká až SiO₂, který nahrazuje chybějící pojivovou složku.

Alkoxyilany jsou látky obsahující vazby Si-OR, které jsou obecně podstatně více reaktivní než vazby Si-R. Výslednými produkty mnoha reakcí alkoxyilanů jsou siloxany. Ještě reaktivnější než alkoxyilany jsou chlorsilany, jež se také k hydrofobizaci používají, avšak pouze u materiálů, kde nevádí tvorba korozních produktů. Výhodou alkoxyilanů je vznik siloxanového filmu bez vzniku agresivní kyseliny.

Alkoxyilany velmi snadno podléhají hydrolyze. Zdrojem vody mohou být i hydratované anorganické soli. Methoxyilany a ethoxyilany jsou k hydrolyze nejnáchylnější, s rostoucím počtem uhlíků v alkoxyly tato náchylnost klesá. Podobný vliv má stupeň větvení. Bylo zjištěno, že reaktivita klesá v řadě n alkoxyly > sek. alkoxyly > terc. alkoxyly.



Při následné kondenzaci silanolových skupin (-Si-OH) dochází k vytvoření velmi odolného siloxanového skeletu. Vzhledem k tomu, že silikátová stavební hmota vždy obsa-

huje silanolové skupiny, dochází k vytvoření velmi pevné chemické vazby mezi organokřemičitou chemickou sloučeninou a silikátovým podkladem. V pórovém systému stavební hmoty tak vzniká křemičitý gel, který je téměř vždy součástí stavebních silikátových materiálů a tvoří jejich nejkvalitnější pojivo.

Organokřemičité sloučeniny nejsou zcela rezistentní proti růstu mikroorganismů. Jak ukázaly dřívější práce, nižší lineární polydimethylsiloxany, a zvláště polyethoxysilany, jsou půdní mikroflórou rychle degradovány [1].

Záplavy, které postihly v srpnu minulého roku naši republiku, zasáhly v mnoha případech i objekty s chemickou hydroizolací. Protože záplavová voda obsahovala velké množství nejrůznějších, většinou velmi agresivních, mikroorganismů, bylo třeba zjistit, zda může snížit životnost aplikovaných infúzních clon na bázi organokřemičitých sloučenin.

Materiál

Velikost vzorků pískovce s oxidy železa a jílovitým tmelem byla 45 x 45 x 5 mm. Vzestupným nasákáváním navlhle cca na 5 % hm. byly impregnovány infúzním roztokem na bázi alkoxyilanu (Saninfuzil, LZ Kolín, Aqua Sanning Opava) a kondicionovány sedm dní v prostředí laboratoře (T 20 – 23 °C, RV cca 45 %).

Mikroorganizmy

Shromažďovací kultivace mikroorganismů probíhala na třepačce v bezuhlíkatém minerálním roztoku, do kterého bylo přidáno 0,1 % polyethoxysilanu, 1 ml výluhu z kontaminovaných infúzních clon odebraných ze zaplaveného objektu v Praze-Libni a 0,1 ml peptonu jako startéru růstu (po dobu 14 dnů při teplotě 20 °C).

Metody

Do sterilních krystalizačních misek průměru 90 mm byly uloženy vzorky pískovce impregnované polyethoxysilanem a přelity bezuhlíkatým minerálním roztokem podle Iljaletdinova s přísádkem 0,1 % peptonu jako startéru. Každá miska byla očkována 1 ml směsné kultury bakterií izolovaných ze zaplavených infúzí. V 1 ml suspenze bylo cca 10⁸ zárodků. Kultivace probíhala při teplotě 25 °C po dobu 20 dnů. Jako kontrolní vzorky byly exponovány vzorky pískovce v bezuhlíkatém minerálním roztoku chráněné přísádkem baktericidu (Benzdodecinium bromid, Ajatin Profarma 1 %).

Po expozici byly vzorky vysušeny při 105 °C a kondicionovány v laboratoři sedm dnů. Rychlost sorbce destilované vody do jednotlivých vzorků byla stanovena vázkově. Vzorky byly postaveny na hranu do nádobek se stejně nařízenou hladinou destilované vody a ve stanovených intervalech váženy po dobu 21 dnů.

Obsah křemíku v médiu po ukončení expozice byl stanoven na Spektroquantu 300 kolorimetricky na β -silikomolybdenovou kyselinu (metodika firmy Merck, Darmstadt). Koncentrace volného křemíku byla vyjádřena ve formě orthokřemičité kyseliny. Přesnost stanovení $\pm 5\%$. Acidita výluhu vzorků pískovce byla stanovena na pH-metru HI 9017 Hanna.

Výsledky

V minulosti byla opakovaně studována možnost rozkladu organokřemičitých sloučenin na bázi polydimethylsiloxanů (PDMS) a fenylmethylpolysiloxanů půdními mikroorganismy. Nebyly získány výraznější úspěchy. V šedesátých letech se objevily zmínky o možnosti degradace fenylsilanu bakteriemi *Pseudomonas* sp., rovněž bez výsledků. Převládá proto názor, že organokřemičité sloučeniny jsou biologicky inertní. Tomu však odporovaly mikrobiologické rozborů provedené na stájových objektech [2] i výsledky získané na vápencích impregnovaných silikonovými pryskyřicemi [3]. V obou případech byla nalezena bohatá mikroflóra, která silikonové sloučeniny napadala, přičemž byla pozorována ztráta hydrofobnosti.

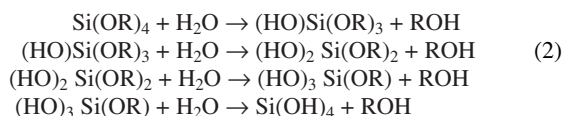
V našich experimentech byla u všech exponovaných vzorků pozorována rovněž ztráta hydrofobnosti, doprovázená prokazatelným zvýšením rychlosti sorbce vody do impregnovaného pískovce. Zvýšení však nebylo velké, pohybovalo se od 2,67 do 4,79 % proti kontrolním, neexponovaným vzorkům. To je pochopitelné, protože mikrobní enzymy musí při biodegradaci proniknout do siloxanového skeletu, který je svou strukturou biologicky značně rezistentní. Právě rezistencí skeletu je možné vysvětlit i určité nepravidlosti (zálivy, nepravidelná sorbní linka difundující vody) při nasákávání vody do zkušebních vzorků. Současně byl pozorován v kultivačním médiu všech očkovaných vzorků vzestup volného křemíku, a to z 0,43 na 3,81 mg l⁻¹. To navzděčuje předpokladu o pomalé, ale prokazatelné degradaci organokřemičité impregnace pískovcového kamene, popř. o degradaci ne zcela zreagovaných oligomerních sloučenin (nezreagované skupiny methoxy a ethoxy).

Tab. 1. Množství sorbované vody a obsah volného křemíku ve zkušebních pískovcových tělesech impregnovaných alkoxyasilanem po 20 a 60 dnech kultivace ve směsné kultuře mikroorganizmů

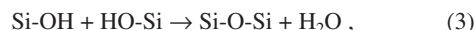
Dny kultivace	H ₂ O [%]	Si [mg/100 ml]
kontrola	1,86	0,43
20	4,53	2,37
60	6,35	3,81

Rychlost a stupeň hydrolyzy ethoxysilanů jsou závislé na množství vody v systému a na pH reakční směsi (souvisí s volbou katalyzátoru). Hydrolyza v kyselém prostředí (v našem případě při pH 6) je velmi rychlá a v závislosti na množství vody v systému téměř úplná. To znamená, že téměř veškerá voda, pokud není v přebytku, se účastní hydrolyzy. Reakce je rovnovážná a rovnováha je posunuta na stranu produktů. Předpokládá se elektrofilní mechanismus hydrolyzy, ion H⁺ napadá kyslík alkoxylové skupiny, ta je eliminována a nahrazena hydroxylovou skupinou. Celkový proces hydrolyzy (např. tetraethoxysilanu) sumárně uve-

dený v rovnici (1) může být popsán reakcemi



Rychlost hydrolyzy závisí na stupni substituce ethoxy skupin, nejrychlejší je úbytek diolu. Okamžitě po hydrolyze, prakticky současně s ní, dochází ke kondenzační reakci,



kteřá se uplatňuje především při vysokém obsahu vody ve směsi díky vysokému stupni hydrolyzy. Kondenzace je ovlivňována hlavně kyselostí směsi a použitým katalyzátorem. Obecně platí, že s klesajícím pH se hydrolyza zrychluje, ale zpomaluje polykondenzace [4].

Produkty reakcí potom závisejí na podmínkách. Při nedostatečném množství vody zůstávají v siloxanu nezreagované methoxyskupiny a ethoxyskupiny, např. u dimethyldiethoxysilanu vzniká lineární polydimethoxysiloxan (α ω bis dimethylethoxysilyloxy-polydimethylsiloxan).

Při pokusech byla použita směs mikrobů izolovaných ze zaplavených infúzních clon. Ve směsi se vyskytovala řada mikrobů (zástupci rodů *Bacillus*, *Aktinomyces*, *Pseudomonas*, *Acinetobacter*, *Alcaligenes* a dalších), mezi nimi převažoval *Arthrobacter* sp. na bakteriologických půdách zřejmě nápadně žlutými koloniemi. Právě tento mikroorganismus je (spolu s *Fusarium* sp.) schopen, podle metabolických drah publikovaných univerzitou v Minesotě [5], degradovat rezistentní oktamethylcyklotetrasiloxan a dimethylsiloxan-diol (který se tvoří při hydrolyze ethoxysilanu) přes hydroxymethylmethylsilandiol a hydroxymethylsilantriol na kyselinu orthokřemičitou a formaldehyd. Vzestup kyseliny orthokřemičité byl v našich experimentech pozorován. Není proto vyloučeno, že degradační proces zachytil pouze meziproducty hydrolyzy, a nikoli přímo siloxanový skelet. Tomu však odporuje vzestup sorbce vody do exponovaných vzorků.

Vzestup vlhkosti u infikovaných vzorků o 2,67 až 4,79 % proti kontrolním neinfikovaným vzorkům může být považován za zanedbatelný. Z dlouhodobého hlediska života stavby se však tato hodnota již může jevit jako významná. Potvrzení tohoto předpokladu bude předmětem další práce.

Článek byl vypracován za podpory výzkumného záměru VZ CEZ J04/98:21000001 „Funkční způsobilost a optimalizace stavebních konstrukcí“.

Literatura

- [1] Wasserbauer, R. – Vymazalová, Z.: Biokoroze organokřemičitých infúzních clon na bázi alkoxyasilanu. [Sborník], konference „Sanace a rekonstrukce staveb“, 1999, s. 93–95.
- [2] Wasserbauer, R. – Zadák, Z. – Novotný, J.: Pozemní stavby 7, 314–316, 1983.
- [3] Leznicka, S. – Kuroczkin, J. – Krumbein, W. E. – Strzelczyk, A. B.: International Biodeterioration 28, 91–111, 1991.
- [4] Rathauský, J.: Organokřemičité prostředky pro konzervaci přírodního kamene a stavebních materiálů. Praha, SNTL 1990.
- [5] Jingfeng, F.: Organosilicone (an/aerobic) Pathway MAP. University of Minnesota, 2002.

Wasserbauer, R.: The Effect of Microorganisms from Inundation Waters on the Function of Infusion Based Organosilicone Compounds

The organosilicone skeleton based on alkoxy silanes is not fully resistant to the microorganisms contained in inundation water. The short-time exposures (20 to 60 days) in the microbial cultures resulted in an increase of the water sorption in the sandstone blocks with applied alkoxy silanes by as much as 4.5% of mass compared to the equally treated uninfected reference samples. At the same time, the content of free silicone in the cultivation medium increased by as much as 3.20 mg/100 ml compared to reference samples. This is a proof of a slow, but clear degradation of organosilicone impregnation of sandstone.

Wasserbauer, R.: Der Einfluss von Mikroorganismen aus Überschwemmungswässern auf die Infusionsfunktion auf Basis organosilikatischer Verbindungen

Das organosilikatische Skelett auf Basis von Alkoxy silanen ist gegen Mikroorganismen aus Überschwemmungswasser nicht ganz resistent. Kurzzeitige Expositionen (20 bis 60 Tage) in Mikrobekulturen hatten eine Zunahme der Sorption von Wasser in die Sandsteinkörper mit applizierten Alkoxy silanen bis um 1,9 % hm gegenüber gleich behandelten nichtinfizierten Kontrollproben zur Folge. Gleichzeitig stieg der Gehalt an freiem Si im Kultivationsmedium gegenüber der Kontrolle bis um 3,20 mg · l⁻¹ an. Das zeugt von einer langsamen aber nachweisbaren Zersetzung der organosilikatischen Imprägnierung des Sandsteins.

• dizertace



Návrh koncepce prostorového informačního systému památkového objektu

Ing. Jindřich Hodač

Práce zkoumá možnost využití prostorových dat pro tvorbu informačních systémů památkových objektů. Technické podmínky umožňují přejít od dvourozměrné dokumentace k prostorovému modelu.

Výpočty v kladu listů rakouských topografických map ze třetího vojenského mapování

Mgr. Monika Čechurová

Dizertační práce obsahuje matematickou analýzu kartometrických vlastností topografických map ze III. vojenského mapování, které sloužilo jako mapové dílo ČR od roku 1870 až do roku 1956. V práci je ukázána matematická transformace těchto map do soudobých souřadnicových systémů.

Měření statických a dynamických charakteristik strojních a stavebních prvků – soubor rozborů, postupů a prostředků

Ing. Martin Štroner

Práce přispívá k vývoji měřicí techniky využívající digitální kamery ve spojení s počítačovým záznamem a vyhodnocením dat. V rámci dizertace byla navržena, zkonstruována, kalibrována a testována aparatura pro měření laserové stopy v rovině.

Vliv vlhkosti na fyzikálně mechanické vlastnosti stavebních materiálů

Ing. Tomáš Čejka

V práci se zkoumají základní stavební materiály, jako jsou cihly, kámen a pórabeton, a jejich ovlivnění vlhkostí. Zjišťují se hodnoty modulu pružnosti a pevnosti v tlaku. Výsledky lze přímo uplatnit ve stavební praxi.

Vybrané technologické postupy pro kontrolní měření stavebních objektů, jejich normalizační a metrologické zabezpečení

Ing. Jana Štronerová

Dizertace se zabývá zavedením nových technologií do metodiky kontrolního měření stavebních objektů a nových postupů při analýze naměřených dat. Především jde o ne-standardní aplikaci matematické statistiky a vyrovnávacího počtu.

Modifikovaný dynamický model pro řešení technicko-ekonomických úloh s použitím rizik a nejistot

Ing. Petr Dlask

Dizertace je věnována navrhování efektivního řešení a způsobu řízení v zobecněných podmínkách platných nejen pro spojitě a lineární prostředí. Analytická studie se zabývá vývojem metod navrhování a perspektiv v budoucích podmínkách informační společnosti. Výsledky práce jsou naprogramovány.

Metodika posuzování vlivu kontaminovaných lokalit na životní prostředí a jejich obnova

Ing. Martin Dočkal

Dizertace se zabývá metodikou hodnocení kontaminovaných lokalit a starých skládek z hlediska jejich vlivu na jednotlivé složky životního prostředí. Obsahem práce je také návrh souboru hodnotících kritérií pro kontaminaci. Obsahuje výsledky laboratorních zkoušek bentonitových rohoží vhodných pro těsnicí materiál skládek.

Vliv solí a mikroflóry vlhkého zdiva na sanační omítky

Ing. Martina ZAPLETALOVÁ

ČVUT – Fakulta stavební

Praha

doc. PhDr. Miroslava GREGEROVÁ, CSc.

MU – Přírodovědecká fakulta

Brno

Ve vlhkém nevětraném prostředí dochází v sanačních omítkách k rozvoji plísní a na vnitřním povrchu ke vzniku bakterií, které i při velkém zasolení velmi dobře přežívají a produkují do omítky organické kyseliny a aminokyseliny. Guanidin, který se objevuje jako zbytek po odumřelých mikroorganismech, zřejmě přispívá zatím neznámým způsobem k rychlejšímu prolínání solí omítkou, a tím ke snížení její životnosti.

- A – 10 g kyseliny šfavelové,
- B – 10 g kyseliny adipové,
- C – 10 g kyseliny citronové,
- D – 10 g guanidinu,
- E – 10 g kyseliny jantarové,
- F – 10 g argininu,
- G – kontrolní roztok solí.

Ve sklepních prostorách, v kuchyních a koupelnách, kde bývá často vnitřní povrch omítky dlouhodobě vystaven působení vyšší vlhkosti zdiva, může být sanační omítky jediným proveditelným opatřením proti vztlínající vlhkosti. Takové mikroklima je pro růst mikroorganismů (bakterií a plísní) ideální, a právě na takové prostředí, ve kterém se mohou mikroorganismy rychle rozmnožovat, mohou být některé sanační omítky citlivé. Většinou se soudí, že počáteční vysoké pH neumožňuje mikroflóře růst na sanačních omítkách. Vlivem karbonátů a přísunu solí ze zdiva se však pH omítek snižuje na úroveň, která již je, zejména pro některé mikrobní kmeny, přijatelná.

Dřívější rozbory, provedené na MPA (živný agar) s přidáním 5 % NaCl, prokázaly [1], že v zóně vlhkého zasoleného zdiva a na zasolených klasických a sanačních omítkách s vyšším pH (8,5–9,5) vegetuje množství mikroorganismů (10^5 – 10^6 g omítky). Protože z průzkumů mikroflóry zdiva je známo, že běžnými kultivačními procesy je možné zachytit pouze malou část mikrobiální populace (max. 1–10 %), je třeba počítat v zóně vlhkého zdiva s výskytem minimálně 10^7 až 10^8 buněk bakterií a kvasinek v 1 g omítky. Takové množství je zdrojem řady metabolitů, které již mohou degrační procesy v sanačních omítkách ovlivnit.

Metoda a materiál

Experimenty byly provedeny postupy podle směrnice [3]. Do víka uzavřené nádoby byly zatmeleny disky sanačních omítek Ø 10 cm, tl. 2 cm. Boční povrch zkušebních těles byl opatřen vodoodpudivým nátěrem. Systém houbiček uvnitř misky zajišťoval neustálé smáčení spodního okraje vzorku omítky. Základní roztok obohacený o organické kyseliny nebo aminokyseliny, které měly simulovat proces biologického napadení, byl pravidelně doplňován.

Zkušební roztoky

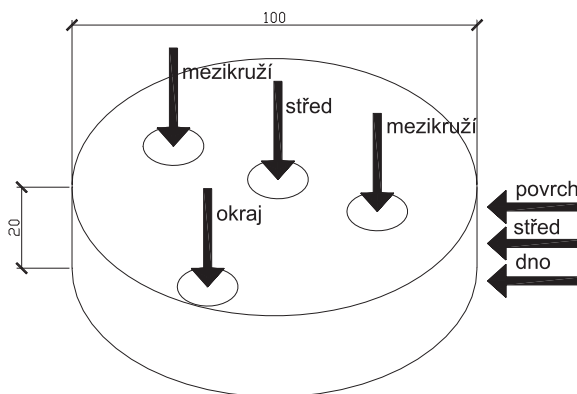
K 1 l destilované vody se přidalo 35 g NaCl, 5 g Na_2SO_4 , 15 g NaNO_3 a organické kyseliny a aminokyseliny v koncentraci 1 %:

Sanační omítky

– prefabrikovaná suchá směs vápenocementová na bázi bílého cementu s obsahem tenzidů k tvorbě pórů, hydrofobizovaná;

– prefabrikovaná suchá směs cementová, plnivo tvoří liapor s přísadou perlitu.

Kvantitativní analýza vodných výluhů proběhla na fotometru Spektroquant SQ 300 Merck podle speciální metodiky pro stavební materiály. Byly analyzovány sondy do zkušebních vzorků válcového tvaru uprostřed, v mezikruží a na okraji (obr. 1). V těchto místech byly analyzovány vrstvy – na povrchu, uvnitř a na dně disků. Zjišťovalo se množství aniontů síranů, dusičnanů, chloridů a bylo stanoveno pH. Aktivní reakce pH/ H_2O se měřila kolorimetricky kapalným indikátorem Merck Universal porovnáním s barevnou stupnicí.



Obr. 1. Schéma umístění sond do vzorků sanačních omítek, ve kterých bylo stanoveno množství iontů Cl^- , NO_3^- a SO_4^{2-} a pH

Pro identifikaci jednotlivých krystalů v povrchových výkvětech byla použita elektronová mikroskopie (elektronový mikroskop CAMSCAN v kombinaci s energiově disperzní analýzou a vlnově disperzní analýzou). Identifikace mikroorganismů byla provedena na mikrobiologických živných půdách MPA. Obsah aminokyselin a organických kyselin se zjišťoval tenkovrstvou chromatografií.¹⁾

Výsledky a diskuze

Při ověřování odolnosti sanačních omítek [3] byl po deseti dnech působení roztoků solí sejmuto vzorek z povrchu

¹⁾ Jako rozpouštědlo byl použit butanol a kyselina octová ředěná vodou v poměru 4 : 1 : (Sylufol®), vyvíjené vzestupně, detekce byla provedena pomocí Ninhydrinu.

a kultivován na MPA. Již po dvou dnech byl zřejmý bohatý růst bakterií, které vesměs náležely ke kokoidní a koryneformní flóře, zejména halofilní, halotolerantní bakterie (*Micrococcus halobilus*, *M. roseus*, *Bacillus* sp., *Pseudomonas* sp., *Corynebacterium* sp.). Tyto organizmy žijí v přímém kontaktu s krystalky solných výkvětů na zdivu [1]. Cílem bylo zjistit, zda produkty biologického napadení (organické kyseliny a aminokyseliny) mohou degradační procesy v sanačních omítkách ovlivnit.

Pro sanační omítkové systémy se požaduje [3], aby zadržely soli po dobu deseti dnů. Tento požadavek splnila omítka č. 1 s roztoky A-C a E-G a omítka č. 2 se všemi roztoky. U vzorku č. 1 s roztokem D (s přidavkem guanidinu) však došlo k výkvětům již po osmi dnech. Není vyloučeno, že guanidin přispívá zatím neznámým způsobem k rychlejšímu prolínání solí omítkovým systémem. O tom, že guanidin mění vlastnosti elektrolytů, svědčí práce [5], [6], podle nichž Gn_2SO_4 urychluje reakci Alder-Diels, tj. tvorbu kruhu ze dvou komponent.²⁾

Tab. 1. Doba, po kterou sanační omítky zadržely roztoky solí s přidáním organických kyselin a aminokyselin

Omítka	A	B	C	D	E	F	G
č. 1	+	+	+	– (8 dní)	+	+	+
č. 2	+	+	+	+	+	+	+

± vyhovuje/nevyhovuje podle [3] desetidenní odolnosti

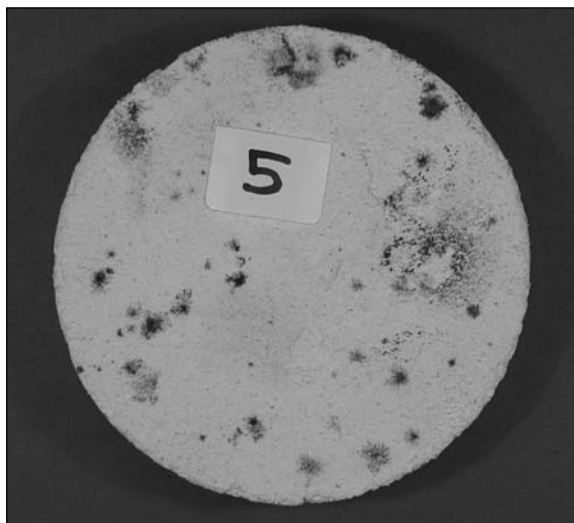
Diskutované skutečnosti nejsou založeny pouze na neověřených předpokladech. Při experimentech došlo po pěti-měsíční expozici k rozvoji plísní na spodním líci kotoučů (1C, 2C, 1 E), jak potvrzuje fotografie na obr. 2. Jako dominantní byly identifikovány kmeny *Alternaria alternata*, *Penicilium* sp., *Trichoderma viride*, pro něž růst v prostředí s tak vysokou koncentrací solí ani vysokým pH není obvyklý. Je pozoruhodné, že plísně ve stresujících podmínkách nejen velmi dobře přeživaly, ale z chromatografie je patrné, že produkovaly do omítky organické kyseliny a aminokyseliny, které napadají omítky za vzniku solí (octany, šťavelany aj.) a způsobují [7] demineralizaci a vyluhování Al^{3+} , Mg^{2+} , Fe^{2+} , Mn^{2+} , K^+ .

Tab. 2. Optimální vodní aktivita okolního prostředí, teplota a pH pro růst mikromycet identifikovaných na sanačních omítkách

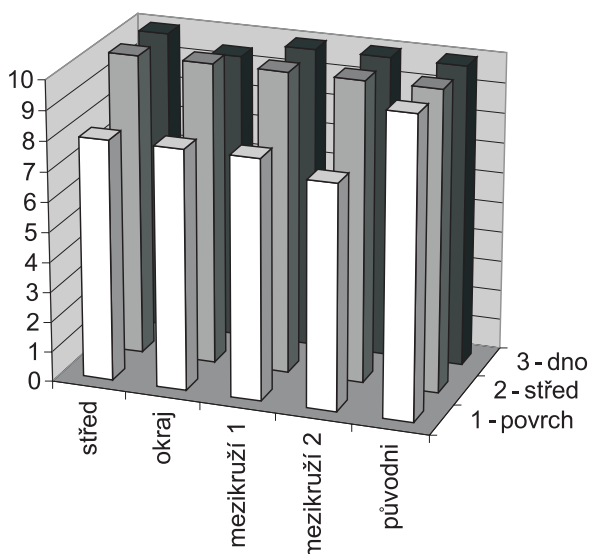
Druh	Vodní aktivita prostředí a_w	Teplota t_{op} [°C]	pH
<i>Alternaria alternata</i>	0,80	24–26	5,5–7,0
<i>Penicilium</i>	0,84	24–28 (32)	5,5–7,0
<i>Trichoderma viride</i>	0,70	32	5,5–7,0

Pozornost zasluhují i výkvěty ve tvaru mezikruží, způsobené pravděpodobně vlhkostním profilem v omítkě. Tento jev potvrzují i fotografie na obr. 4 a obr. 5 a schéma na obr. 6, ze kterých je patrné, že soli krystalizují v zóně odparu na rozhraní suché a vlhké oblasti. Rozložení iontů v kotouči sanační omítky č. 1 v roztoku D (s přidavkem guanidinu) ukazují grafy na obr. 7, 8 a 9. Je zřejmé, že jednotlivé soli se pravděpodobně v důsledku různé rozpustnosti a velikosti molekul v průběhu přenosu sanační omítkou mohou částečně oddělit, což do jisté míry připomíná princip chromatografie. V důsledku toho pak v různých výškových úrovních může být poměr zastoupení jednotlivých solí ve stavebním materiálu rozdílný. U vzorku č. 1 s roztokem D (s přidavkem guanidinu) je zřejmá vyšší koncentrace iontů síranů nejen v horní povrchové zóně jako u chloridů a dusičnanů, ale též u dolního povrchu disku.

²⁾ Tato reakce vzniká mezi dvěmi rozdílnými molekulami ve více nebo méně komplexní struktuře. V Dienově syntéze je vytvořen prsteneček ze dvou řetězců vzájemně spojených ze čtyř nebo dvou atomů uhlíku, což dohromady složí šest atomů. Ve stejné době jsou dvojně vazby rozpojeny (přerušeny) a v novém systému zůstane jen jedna.



Obr. 2. Nárůst plísní na spodní straně vzorku sanační omítky 1 v roztoku E



Obr. 3. Rozložení pH ve vzorku sanační omítky

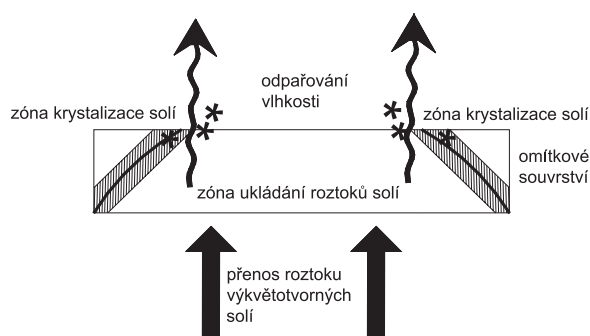


Obr. 4. Schéma zóny krystalizace a následného porušení struktury omítky

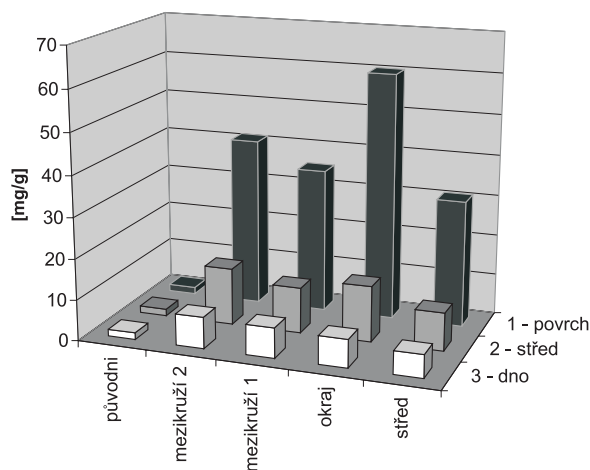
Fotografie z elektronového rastrovacího mikroskopu [2], [4] ukazují výkvěty solí na kotoučích omítkových směsí, z nichž je patrné rozdělení solí ve výkvětech. Na povrchu vzorku č. 1 s roztokem D (s přidavkem se ukládá



Obr. 5. Povrch omítky rozpraskaný ve tvaru mezikruží



Obr. 6. Boční pohled na příčné praskliny v omítkě odpovídající vlhkosnímu profilu

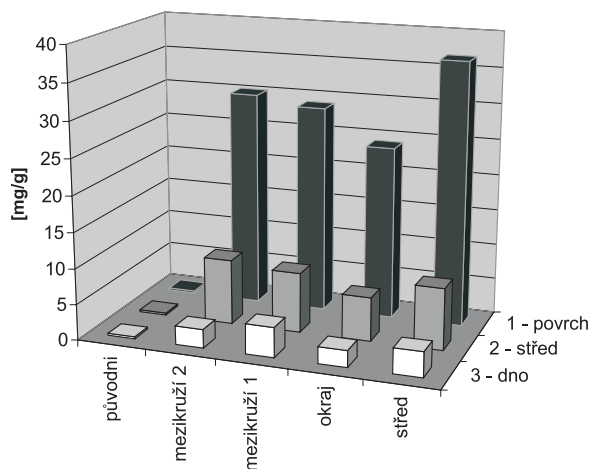


Obr. 7. Rozložení iontů Cl^- ve vzorku sanační omítky

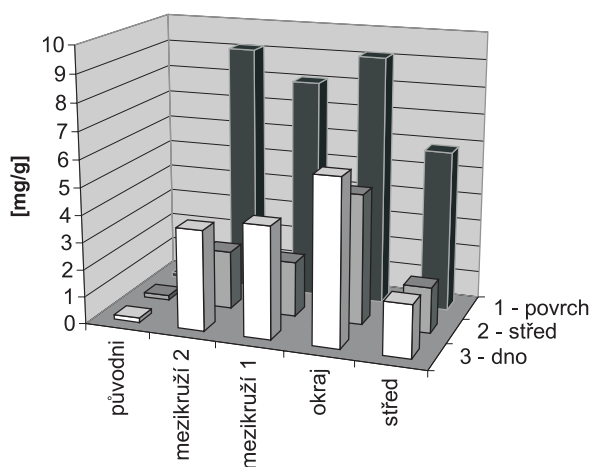
$NaCl$, SO_4) v podobě lístečků a krychlových útvarů $NaCl$, ve spodní části krusty se objevují tmavé šupiny $Na(NO_3)$ a kostky $NaCl$.

Závěr

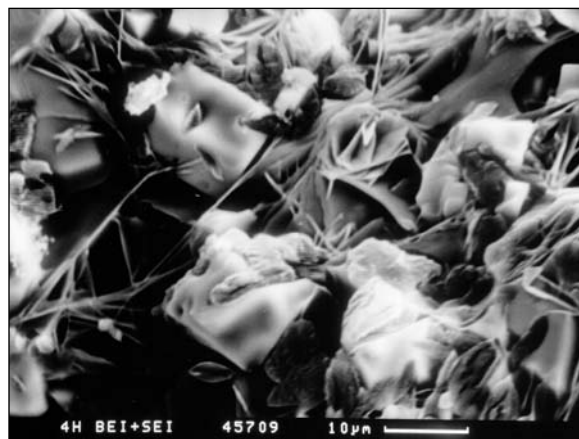
Při přenosu vlhkosti a solí sanační omítkou na vlhkém zdivu dochází uvnitř konstrukce k růstu mikroorganismů, které produkují do omítek organické kyseliny a aminokyseliny. Guanidin, který se objevuje jako zbytek po odumřelých mikroorganismech, zřejmě přispívá zatím neznámým způsobem k rychlejšímu průniku solí omítkou a způsobuje tak předčasnou degradaci nárůstem krystalů solí, které rozpínáním za působení krystalizačních tlaků na stěny porů trhají omítku.



Obr. 8. Rozložení iontů NO_3^- ve vzorku sanační omítky

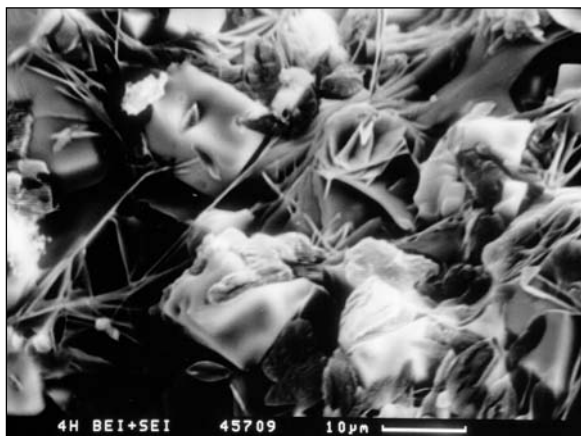


Obr. 9. Rozložení iontů SO_4^{2-} ve vzorku sanační omítky

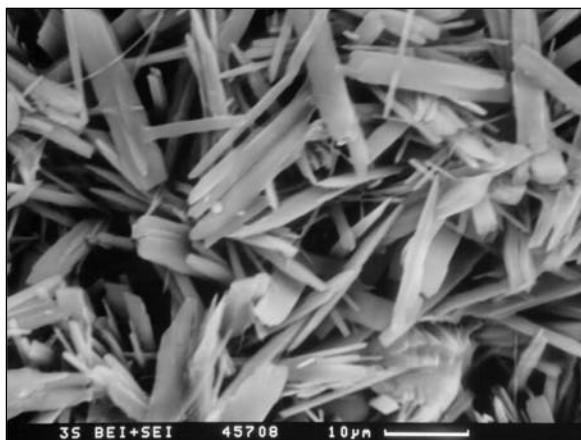


Obr. 10. Snímek povrchové části krusty krystalů v BEI a SEI, kde je patrné ukládání Na (Cl , SO_4) v podobě lístečků a krychlových útvarů $NaCl$

Článek byl vypracován za podpory grantu č. 103/99/0941 GA ČR „Zajištění spolehlivosti a životnosti staveb – ochrana a sanace stavebních materiálů a konstrukcí před účinky degradačních procesů“.



Obr. 11. Snímek spodní části krusty krystalů v BEI a SEI, kde se objevují tmavé šupiny $\text{Na}(\text{NO}_3)$ a kostky NaCl



Obr. 12. Na snímku je zachycen lístkový (tabulkovitý) minerál, jehož stechiometrie není zatím jednoznačně stanovena [2]. Vzorek omítky č. 1 a roztoku C (s přidavkem kyseliny citrónové) snímek spodní části krusty krystalů. Krystaly $\text{Na} + ?$ drobné, světlé a NaNO_3 tmavé lišty v BEI+ SEI.

Literatura

- [1] Zapletalová, M. – Wasserbauer, R. – Klečka, T. – Kolísko, J.: Mikrobiologie zasolených klasických a sanačních omítek. Stavební obzor, 10, 2001, č. 6, s.182–184.
- [2] Gregerová, M: Nепublikované práce. PřFMU Brno.
- [3] Směrnice WTA CZ 2-2-91 Sanační omítkové systémy, 1991.
- [4] Vávra, V.: Nепublikované práce. PřFMU Brno.
- [5] Kumar, A.: Phalgune, UD, Pawar SS Contrasting Effect of Guanidinium Salts on Kinetics of the Diels-Alder Reaction. Journal of Physical Organic Chemistry 15: (3) 131–138, 2002.
- [6] Kumar A.: Abnormal Effect of Gn_2SO_4 as Compared to Other Guanidinium Salts on Rates and Stereoselectivities of Diels-Alder Reactions. Pawar SS, Tetrahedron Letters, 42: (49), p. 8681-8683, 2001.
- [7] Wasserbauer, R.: Biologické znehodnocení staveb. Praha, Arch 2000.
- [8] Burgetová, E. – Wasserbauer, R: Dlouhodobé experimentální sledování fyzikálních, chemických a biologických procesů po provedení dodatečné hydroizolace spodní stavby. [Sborník], konference „Sanace a rekonstrukce“, Praha, 1999.

Zapletalová, M. – Gregerová, M.: Effects of Salts and Microflora of Damp Masonry on Sanitation Plasters

In insufficiently ventilated environments, sanitation plasters develop moulds, and also bacteria on their inner surface, which can easily survive application of high doses of salts and produce organic acids and amino acids into the plaster. Guanidin, which is left as a residue after died microorganisms, obviously contributes to faster penetration of salts through the plaster in a way so far unknown. Thus, it affects reduction of the durability of the plaster.

Zapletalová, M. – Gregerová, M.: Der Einfluss von Salzen und der Mikroflora von feuchtem Mauerwerk auf Sanierungsputze

In feuchter nicht durchlüfteter Umgebung kommt es in Sanierungsputzen zur Entwicklung von Schimmelpilzen und an der inneren Oberfläche zur Ansiedlung von Bakterien, die auch bei hoher Versalzung sehr gut überleben und organische Säuren und Aminosäuren in den Putz hineinproduzieren. Das Guanidin, das als Restsubstanz der abgestorbenen Mikroorganismen auftritt, trägt offensichtlich auf eine bisher unbekannt Weise zum schnelleren Durchdringen von Salzen durch den Putz und damit zur Verkürzung seiner Lebensdauer bei.

HOLZ-HANDWERK

19. – 22. března 2003
Norimberk



Pořadatelem veletrhu je Profesní sdružení výrobců dřevoobráběcích strojů a veletržní společnost Nürnberg-Messe, garanty Profesní svaz pro dřevo a plasty v Bavorsku a Profesní svaz německého velkoobchodu se stroji a nástroji. Veletrh specializovaný na dřevoobráběcí stroje a výrobní potřeby nabízí v jedenáctém roce své existence především výhled do budoucnosti živého materiálu – dřeva. Pro návštěvníky veletrhu je připravena speciálně zaměřená nabídka více než šesti set vystavovatelů v sekcích:

- dřevoobráběcí stroje
- nástroje, brusné a lešticí prostředky
- technologie pro likvidaci odpadu
- kování, zámky, konstrukční díly a příslušenství
- elektrické a pneumatické nástroje
- technologie povrchové úpravy
- kancelářská technika a software
- suroviny a materiály
- ochrana životního prostředí a bezpečnost práce

Stejně jako v minulých letech bude pokračovat výstavní akce „Řemeslná zdatnost – design pomocí materiálu“. V mimořádné expozici „Komunikativní nábytek“ budou představeny zajímavé exempláře bytového i kancelářského vybavení pro neformální setkání nebo příjemné popovídání.

www.holz-handwerk.de

Příprava geometrického modelu pro mikromechanickou analýzu

Jan GAJDOŠÍK

Ing. Jan ZEMAN

doc. Ing. Michal ŠEJNOHA, PhD.

ČVUT – Fakulta stavební
Praha

Příspěvek se zabývá přípravou mikroskopických snímků kompozitu a jejich následnou úpravou podle požadavků mikromechanické analýzy. Autoři se snažili o rozšíření poznatků v oblasti hodnocení a modelování mikrostruktury.

Úvod

Mikrostruktura má obecně několik složek a jejich vyšetřování již bylo předmětem výzkumu [1], [2]. Obecně je k dispozici výsek z řezu mikrostrukturou a posuzují se její měřitelné vlastnosti (objemové zastoupení, dvojbodová a trojbodová pravděpodobnostní funkce apod.) [3], [4]. Tento postup se opakuje u mnoha výřezů a ze sady výsledků se určí průměrná hodnota, popř. další charakteristiky.

Jedním ze základních problémů je určit vhodný přístup k vyšetřování okrajů výřezů, protože v těchto místech jsou snímky neúplné („přeříznutá“ vlákna kompozitu). Dále i sama metoda vyšetřování je na okrajích do určité míry nejistá. Například dvojbodová pravděpodobnostní funkce spočívá v zadání dvou bodů ve výřezu (toto vložení je dáno konkrétní funkcí) a určení, zda oba body leží ve stejné fázi. Pokud jeden z bodů bude ležet mimo snímek, je třeba se rozhodnout, jaký přístup zvolit. Takovou dvojici je možné nebrat v úvahu, nebo předpokládat rozložení mikrostruktury v okolí snímku. Z praktického hlediska jde o postupné zvětšování výřezu snímku, sledování změny v dosaženém měření a určení nejlepší kombinace přístupů.

Jedním z určujících faktorů spolehlivého popisu modelu vzorku skutečného kompozitu je příprava obrazové dokumentace metodou mikroskopického snímání a jejich převodu do elektronické podoby.

Příprava vzorků

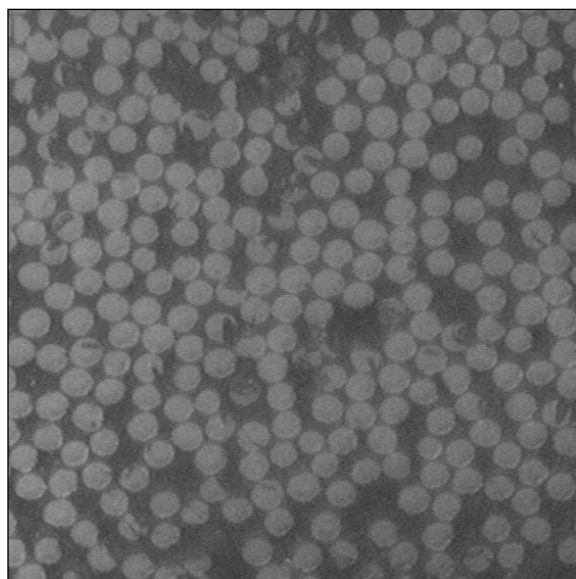
Ke zkoumání jsme použili navjžený kompozitní materiál (jednosměrná grafitová vlákna) ve tvaru trubky, jejíž část byla zalita do dentakrylu ve formě mírně komolého kužele. Po zatvrdnutí se kus (v délce asi 3 cm), vyříznutý příčně k podélné ose trubky (pro získání velkého množství vláken v řezu), brousil metalografickou bruskou postupně s drsností 280, 400, 600, čímž se dosáhlo výborné rovinnosti nutné pro získání kvalitních mikrosnímků. Na závěr se vzorek leštil diamantovou pastou na plstěném kotouči. Tento postup se musel pro dosažení dostatečně kvalitních snímků často opakovat.

Příprava mikrosnímků pro mikroskopickou analýzu

Snímky byly získány nejprve videomikroskopem Olympus OWM 100NM s kamerou, a následně skenerem Zeiss Neophot 21, k jejich úpravě se využívaly programy Adobe Photoshop a Lucia G.

Snímání kamerou

Nepříliš kvalitní snímky z kamery se nedaly v programu Lucia G zpracovat, protože byly nasvíceny nestejně a nebylo možné použít prahování ani zvyšování kontrastu (obr. 1). Byly získány jako průměrný obraz z 200 snímků přímo z mikroskopu. Při pokusu o úpravu se však ukázalo, že jedinou možností získání kvalitního výstupu je složitě zvyšování intenzity, jež nikdy nebylo dostatečné, následně prahování, které rovněž nebylo kvalitní pro nedostatečný kontrast, a konečná úprava dokreslením podle podložené předlohy – snímku. Získání jednoho binárního obrazu trvalo přibližně tři hodiny. Měl stejnou hodnotu jako obraz získaný vylepšeným postupem, ale použitý postup byl zdoluhavý. Proto jsme pro další snímání zvolili skener s větším rozlišením.



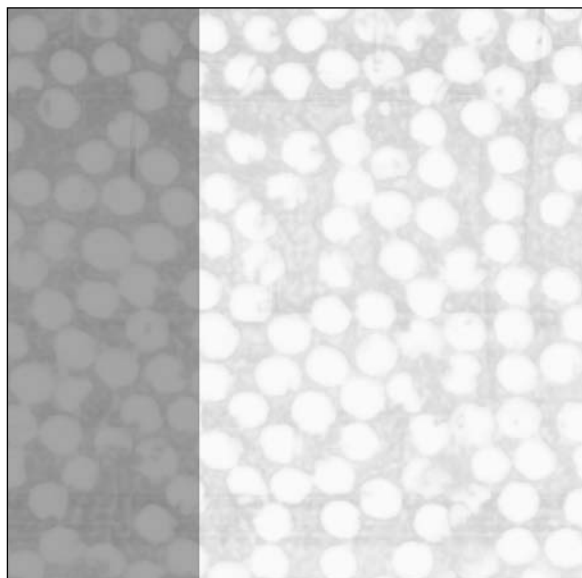
Obr. 1. Výstup z kamery

Snímání skenerem

Ke snímání skenerem byl využit mikroskop s objektivem 12,5 opatřený bočním výstupem. Na několika barevných snímcích bylo nejprve třeba určit efektivnost práce (obr. 2). Potom se podobně jako v předchozím případě získaly zjednodušené diagramy. Nicméně postup získání většího počtu snímků byl rovněž zdoluhavý. Proto byla zvolena možnost vstupu ze skeneru.

Obrazová analýza

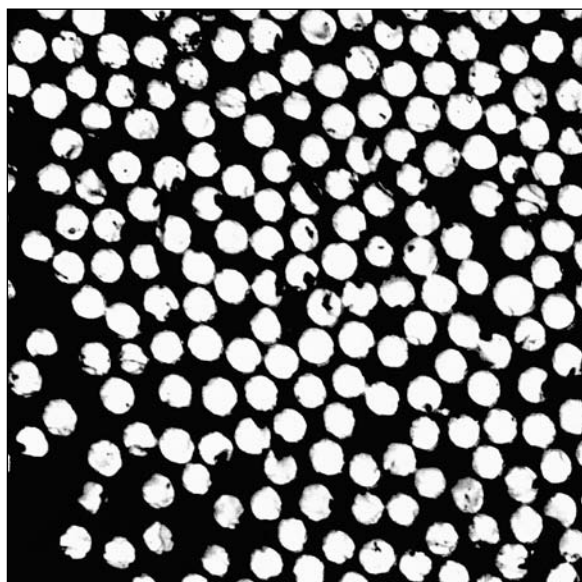
Snímky se upravovaly zvyšováním kontrastu při skenování v programu Photoshop převedením do binární podoby a určitou idealizací (resp. přiblížením skutečnosti – autoři v této otázce nejsou jednotní).



Obr. 2. Výstup ze skeneru

Modulace vstupu v programu Photoshop

Skenováním vzorku v úplné barevnosti bylo zjištěno, že není možné pouhým okem určit, zda je snímek kvalitní. Rozložení jasu se nedá před prahováním nebo zvyšováním kontrastu určit. To lze zjistit až při velmi výrazném zvýšení kontrastu. Proto byla počáteční úprava obrazu v analytickém grafickém programu Lucia G přesunuta již do fáze skenování. Upravoval se (zvyšoval) kontrast a bylo nastaveno ukládání pouze černobílého snímku (resp. ve stupních šedi, které však díky značnému zvětšení kontrastu byly redukovány v podstatě na černou a bílou), obr. 3. Protože k analýze stačí cca 100 vláken, byla nastavena výšeč možné skenované plochy (3 600 x 4 400 pixelů) na 1 500 x 1 500 pixelů. Díky tomu by bylo teoreticky možné získat až čtyři nezávislé a nepřekrývající se snímky z jednoho preskenu. Tedy zcela jiné a nezávislé. Ve skutečnosti není tento počet vzorků reálný, především díky nestejnoměrnému nasvětlení. Právě zvýšení kontrastu při skenování způsobí, že ač nejsou k dispozici porovnávací barevné snímky, lze rovnou určit, zda se bude vzorek pro analýzu hodit. Absence barev není na závadu, neboť odlišení kvalitního snímku od nekvalitního



Obr. 3. Výstup ze skeneru ve stupních šedi

lze založit na přítomnosti nebo absenci šedých odstínů. Pokud byly okraje velmi výrazné a evidentně vytvořené softwarem, byl snímek rovnou vyrazen.

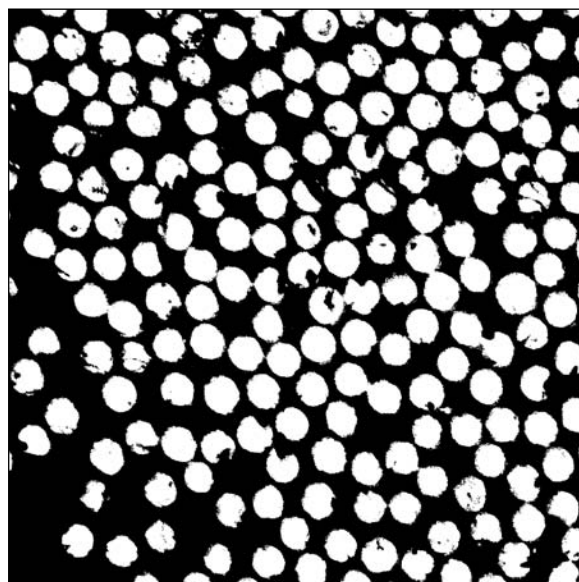
Úprava snímků v programu Lucia G

K dispozici jsme měli pouze pasivní verzi Lucia G, která umožňuje jen práci s hotovými snímky, nikoli jejich přenesení z kamery nebo skeneru. Snažili jsme se získat binární obrázky, na kterých jsou jednotlivá vlákna idealizována jako kruhy se stejným poloměrem a středem v těžišti původních imperfektních vláken. Plocha idealizovaných vláken je stejná jako u vláken neidealizovaných, počet také odpovídá. Tím je splněna podmínka stejného materiálového zastoupení ve snímku a v modelu.

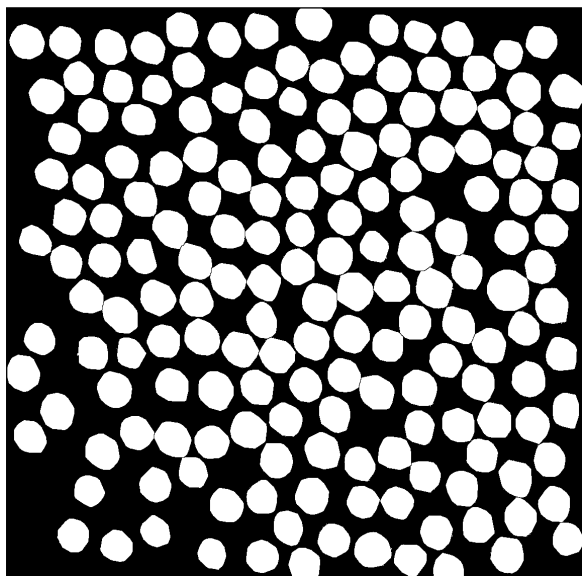
Vstupní snímky (obr. 3) byly upraveny v programu Lucia G, který vytváří binární obraz na základě ručního prahování z barevného vstupního obrázku. Prahováním se nastavuje rozsah barev, intenzity a sytosti (záleží, zda se používá prahování RGB, nebo HSI, pro které se má výsledný binární obraz zapsat jako černá, resp. bílá. To je možné využít pouze u kvalitně (stejněměrně) nasvícených snímků, u snímků s nepřilíš výraznými hranami je lepší zvětšit kontrast. Toto bylo zajištěno vstupní modulací ze skeneru v programu Photoshop.

Binární obrázek však k analýze nestačil. Díky přetrvávajícím nerovnostem na povrchu vzorku byl místy neúplný, část vlákna byla přerušena vrypem (obr. 4). Vlákna bylo třeba doplnit do předpokládaného tvaru, pokud byla přerušena nerovnostmi na povrchu vzorku. Původní tvar byl většinou patrný z fragmentů jednotlivého vlákna. K tomu byla využita též funkce konvexní obálka objektu, která byla použita proto, že vlákna by měla mít kruhový, popř. mírně oválný průřez, tedy určitě konvexní tvar.

Rovněž bylo nutné odstranit příliš malé „useknuté“ kusy vláken na krajích obrázku. Pokud zůstala podstatná část vlákna zachována, bylo doplněno na předpokládaný tvar (podle ostatních). Poté byla od sebe oddělena využitím funkce automatická separace objektů. Tato funkce je při dostatečném nastavení počtu kroků a velikosti okolí velmi efektivní, ale pouze na výkonném počítači. Výsledek je patrný z obr. 5. U takto upraveného snímku byla změřena plocha, počet objektů a jejich těžiště. Generovaný obrázek má stejnou plochu i počet objektů, ale jednotlivé objekty jsou stejně velké kruhy. Celý postup v programu Lucia byl

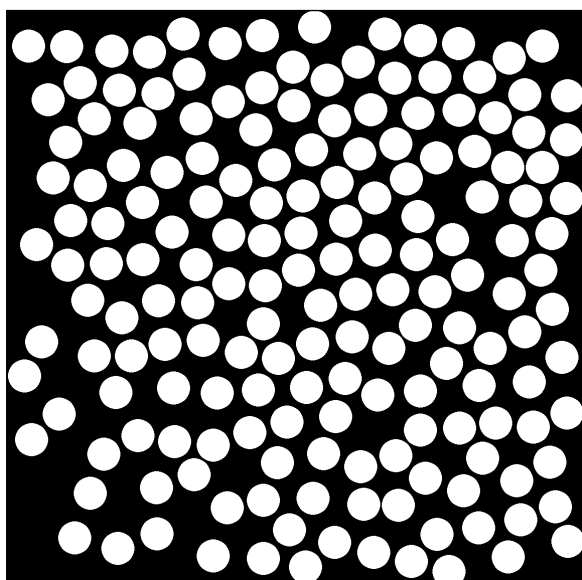


Obr. 4. Binární snímek po prahování RGB



Obr. 5. Binární snímek po úpravě v programu LUCIA

automatizován makrem naprogramovaným v jazyce C++. Při jeho tvorbě bylo využito zaznamenávání použitých příkazů i hodnot nastavení jednotlivých funkcí v programu Lucia. Výsledný obraz vhodný pro matematické simulace je patrný z obr. 6.



Obr. 6. Konečný výstup

Závěr

Byl určen efektivní postup získání binárních mikrosnímků skutečného kompozitu, jímž bylo získáno cca 25 snímků skutečné mikrostruktury.

Práce byla podpořena granty č. 103/00/0756 GA ČR a č. 103/01/D052 GP.

Literatura

- [1] Zeman, J. – Šejnoha, M.: Effective Properties of Graphite Fiber Tow Impregnated by Polymer Matrix. *Journal of the Mechanics and Physics of Solids* 49 (2001), 69–90.

- [2] Shan, Z. – Gokhale, A. M.: Representative Volume Element for Non-Uniform Microstructure. *Computational Materials Science* 24 (2002), 361–379.
- [3] Berryman, J. G.: Measurement of Spatial Correlation Functions Using Image Processing Techniques. *Journal of Applied Physics*, 1984.
- [4] Torquato, S.: *Random Heterogeneous Materials*. New York, Springer Verlag 2001.

Gajdošík, J. – Zeman, J. – Šejnoha, M.: Preparation of a Geometrical Model for Micromechanical Analysis

The present contribution is concerned with the preparation of microscopic images of real composites and their subsequent modification to arrive at images suitable for micromechanical analysis. The objective is to enhance the knowledge in the area of evaluation and modelling of microstructures.

Gajdošík, J., Zeman, J., Šejnoha, M.: Vorbereitung eines geometrischen Modells für die mikromechanische Analyse

Der Beitrag befasst sich mit der Vorbereitung mikroskopischer Bilder eines Kompositums und der nachfolgenden Aufbereitung nach den Anforderungen einer mikromechanischen Analyse. Die Verfasser waren bestrebt, die Erkenntnisse auf dem Gebiet der Bewertung und Modellierung einer Mikrostruktur zu erweitern.

I.H.M.

13. – 19. března 2003
Mnichov



Tradiční veletrh řemesel a středně velkých podniků I.H.M. se bude konat v Mnichově již po pětadesáté. V průběhu sedmi dnů zde budou prezentovány nové trendy, progresivní techniky a široké spektrum zboží a služeb pro řemesla. Více než 2 000 firem z přibližně 50 zemí, které obsadí 11 tis. m² v jedenácti halách, se bude snažit dokázat, s jakou mnohotvárností nápadů a inovačním potenciálem disponují. Nabídka pro návštěvníky je přehledně rozčleněna do oblastí podnikání (haly A3 až A6, B3 až B5) a životního stylu (A1 a A2, B1 a B2). Pod názvem „Fit for business“ proběhne odborné fórum s přednáškami zaměřenými na možnosti informačních technologií, využití tržního potenciálu, nových nápadů a financování. V průběhu prvních čtyř dnů se bude souběžně konat v hale C1 prodejní výstava květin a zahrad Garten München.

Zakoupené vstupenky umožňují ve spojení s veletržní jízdenkou bezplatnou jízdu dopravními prostředky městské hromadné dopravy. Jednorázová vstupenka stojí 240 Kč, studentská 120 Kč. Podrobnosti lze získat na internetové adrese www.ihm-online.de nebo u českého zastoupení mnichovských veletrhů www.expocs.cz.

Tisková informace

Odvození vztahů pro výpočet úhlů stočení odrazných terčů

Ing. Jitka SUCHÁ
 ČVUT – Fakulta stavební
 Praha

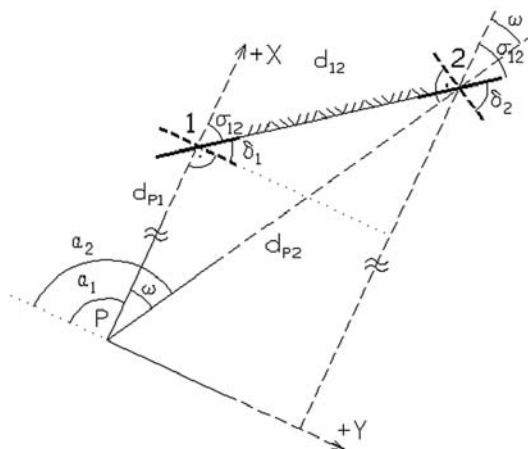
Príspevek se zabývá odvozením vztahů pro elektronické dálkoměry, určených k výpočtu úhlů stočení odrazných terčů umístěných na geodeticky proměřovaném objektu. Tyto výpočty by měly sloužit k snazšímu rozhodování o vhodnosti volby měřického stanoviska. Předem lze určit, zda dálkoměr bude schopen bez problémů měřit vzdálenosti na všechny sledované body objektu (při velkém úhlu natočení není dálkoměrný paprsek odražen). Současně je možné přizpůsobit volbu stanoviska většímu komfortu měření (méně strmé záměry, snaha přiblížit se ideální vzdálenosti stanoviska od objektu atd.). Je uveden i příklad využití.

Úvod

Cílem příspěvku je porovnání maximálních odklonů, získaných při měřeních v laboratoři a v terénu, s odklony záměrných odrazných terčů, které byly nalepeny na ocelové konstrukci Mariánského mostu v Ústí nad Labem [1]. Tyto značky nebyly na mostní konstrukci natočeny přesně kolmo na záměrnou přímkou dalekohledu [2], protože hodnoty odklonů a stočení vůči záměrné přímce nebyly známy. Bylo nutné určit je zprostředkovaně, pomocí dále uvedených vztahů.

Tento postup je možné použít tehdy, je-li známa alespoň dvojice bodů ležících ve společné svislé rovině, což je běžné při měření z oblasti inženýrské geodézie – většina stěn budov, hal atd. je svislých. Výpočet velikosti jednotlivých úhlů stočení odrazného terče (δ , γ) v obou rovinách (vodorovné i svislé) vůči terči, který je natočen kolmo na záměrnou přímkou, vychází ze znalosti měřených veličin (vodorovných a zenitových úhlů a vodorovných délek) na určovaných bodech.

Získané hodnoty stočení odrazného terče (δ , γ) lze poté použít při dosazování do matematického modelu, který by početně opravil naměřenou délku o vliv nekolmosti odraz-



Obr. 1. Grafické znázornění dvojice bodů na konstrukci

ného terče na záměrnou přímkou. Tuto opravu je třeba zavádět, pokud bychom uskutečnili měření na podrobné body, pouze v jedné poloze dalekohledu. Měřením délek v obou polohách a jejich průměrováním se odstraní systematické chyby způsobené nekolmostí odrazné fólie k dálkoměrnému paprsku a jeho rozdílností od záměrné přímky.

K určení matematického modelu závislosti naměřené délky na odklonech odrazného terče podle vodorovné i svislé osy byly použity metody matematické statistiky (regresní a korelační analýza). Touto problematikou se podrobně zabývá [3].

Odvození velikosti úhlů stočení odrazného terče

Při odvozování úhlu odklonu terče natočeného podle svislé osy vůči terči natočenému kolmo na záměrnou přímkou je možné vyjít z obr. 1. Přitom

$$\omega = \alpha_2 - \alpha_1,$$

$$X_1 = d_{p1},$$

$$Y_1 = 0,$$

$$X_2 = d_{p2} \cdot \cos \omega,$$

$$Y_2 = d_{p2} \cdot \sin \omega,$$

$$\Delta X_{12} = X_2 - X_1 = d_{p2} \cdot \cos \omega - d_{p1},$$

$$\Delta Y_{12} = Y_2 - Y_1 = d_{p2} \cdot \sin \omega,$$

$$\sigma_{12} = \arctg(\Delta Y_{12} / \Delta X_{12}),$$

$$\delta_1 = 100^\circ - \sigma_{12},$$

$$\delta_2 = 100^\circ - (\sigma_{12} - \omega).$$

Po dosazení získáme vzorce

$$d_1 = 100^\circ - \arctg(d_{p2} \cdot \sin \omega / (d_{p2} \cdot \cos \omega - d_{p1})), \quad (1)$$

$$\delta_2 = \delta_1 + \omega, \quad (2)$$

kde α_i je vodorovný úhel měřený na i -tý bod od počátku,

d_{pi} – vodorovná vzdálenost od stanoviska na i -tý bod,

X_i, Y_i – pravouhlé souřadnice i -tého bodu,

δ_i – úhel odklonu terče natočeného podle svislé osy vůči terči natočenému kolmo na záměrnou přímkou v i -tém bodu.

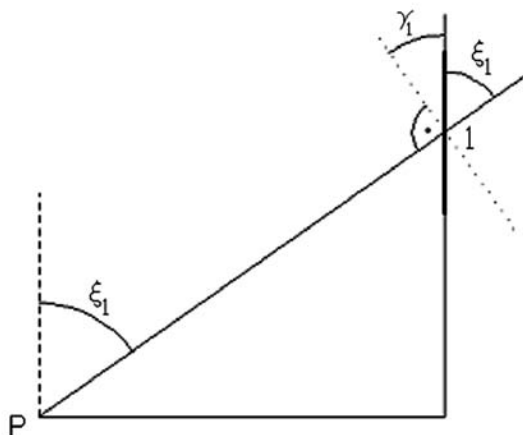
Při odvozování úhlu odklonu terče nakloněného podle vodorovné osy vůči terči natočenému kolmo na záměrnou přímkou se vyšlo z obr. 2. Přitom

$$\gamma_1 = 100^\circ - \xi_1, \quad (3)$$

$$\gamma_2 = 100^\circ - \xi_2, \quad (4)$$

kde ξ_i je zenitový úhel měřený na i -tý bod,

γ_i – úhel odklonu terče nakloněného podle vodorovné osy vůči terči natočenému kolmo na záměrnou přímkou na i -tém bodu.



Obr. 2. Grafické znázornění bodu na svislé konstrukci

Aplikace výpočtu úhlů stočení odrazného terče

K měření prostorových posunů pylonu nového Mariánského mostu v Ústí nad Labem byla použita prostorová polární metoda s využitím odrazných terčů fy Leica pro měření délek i úhlů na pozorované body. Při výběru metody pro zaměření prostorových posunů pylonu se vycházelo z omezených možností pro volbu vztazných bodů (stanovišek přístroje), takže použití např. prostorového protínání vpřed bylo nutné zahrnout. Zaměrování prostorové polohy pylonu bylo vztaheno k měřickým pilířům s nucenou centrací. Díky tomu bylo natočení roviny cílové značky vzhledem k záměrné přímkce obecné. Protože existují maximální meze natočení odrazného terče, při kterých je ještě dálkoměr schopen změřit délku bez problémů a chyb, bylo třeba určit, zda mezní polohy natočení odrazných terčů u bodů na pylonu tyto meze nepřekračují.

Pozorované body na bočních stranách pylonu byly měřeny ze stanovisek A a B. Stanovisko A bylo od protivodní stěny vzdáleno cca 70 m, stanovisko B bylo od povodní strany vzdáleno cca 100 m. Z obou stanovisek byly měřeny na příslušné boční stěně pylonu dvojice bodů v různých

Tab. 2. Měřené a vypočtené veličiny v bodě 1

Bod č.	α_1	ξ_1	d_{p1}	X_1	Y_1
	[g]				
12A	32,48760	102,63075	67,3490	78,8425	0,0000
15A	19,13250	65,20365	64,6600	67,1345	0,0000
17A	11,38965	55,63450	64,9500	66,2110	0,0000
11B	369,43620	100,32660	94,6670	94,6670	0,0000
14B	385,70545	74,68850	98,9905	98,9905	0,0000
16B	390,89455	68,11790	103,4545	103,4545	0,0000

Tab. 2. Měřené a vypočtené veličiny v bodě 2

Bod č.	α_2	ξ_2	d_{p2}	X_2	Y_2
	[g]				
11A	42,8254	102,21525	78,8425	77,8053	12,7467
14A	23,3073	66,27905	67,1345	66,9902	4,3994
16A	14,4109	56,24310	66,2110	66,1364	3,1410
12B	380,5714	100,35395	93,2800	91,8567	16,2327
15B	388,8851	74,79195	99,4925	99,3684	4,9672
17B	392,9228	68,26315	104,0330	103,9802	3,3139

výškových úrovních (-7,5 m, +35 m, +50 m vzhledem k mostovce).

Výpočet velikosti úhlů stočení odrazného terče v rovině vodorovné i svislé u Mariánského mostu byl proveden v programu Excel 97. Byly použity vztahy (1) až (4). Zde jsou uvedeny pouze veličiny získané při statické zatěžovací zkoušce [1], pravouhlé souřadnice bodů a výsledné hodnoty stočení (δ , γ). Při výpočtu byly použity hodnoty naměřené na body na nezátěžené mostní konstrukci (před najetím vozidel). Princip měření v terénu je podrobně uveden v [1].

Závěr

V tabulce 3 lze vyhledat maximální odklon odrazného terče u bodů nalepených na pylonu Mariánského mostu, které sloužily jak při výstavbě, tak při kontrolních měřeních [1]. Maximální odklon terče podle vodorovné osy (2) dosahuje 10° (bod 12B) a nepřekračuje pokusně určenou mezní hodnotu (cca $\pm 35^\circ$) [2], při které ještě dálkoměr bez problémů a hrubých chyb měří na odrazný terč natočený podle vodorovné osy.

Maximální odklon terče podle svislé osy (3) je roven 40° (bod 17A). Protože se pohybujeme na teoretické hranici odklonu, při které je ještě dálkoměr schopen bezchybně změřit délku (cca $\pm 45^\circ$) [2], byly odrazné terče ve vyšších úrovních, nalepené na speciálních magnetických klínových podložkách, umístěny na pylonu mostu (body 14A–17A, 14B–17B), v nižších úrovních se lepily přímo na pylon (11A–12A, 11B–12B). Tyto podložky byly na důlčičky centrovány pomocí ocelového trnu vedeného středem podložky (terče). Klínové podložky byly poté skloněny tak, aby se měření přiblížilo ideálu, při němž je terč umístěn kolmo k záměrné přímkce dalekohledu.

Příspěvek byl vypracován v rámci výzkumného záměru č. IMSM 21 000 000 1.

Literatura

[1] Procházka, J. – Suchá, J.: Zhodnocení geodetických měření při statické zatěžovací zkoušce Mariánského mostu v Ústí nad Labem. Stavební obzor, 9, 2000, č. 2, s. 58–63.

Tab. 3. Vypočtený náklon a stočení na obou bodech

Bod č.	δ	γ
	[$^\circ$]	
11A	9,3	-2,0
12A	4,7	-2,4
14A	3,8	30,3
15A	1,9	31,3
16A	2,7	39,4
17A	1,4	39,9
11B	9,8	-0,3
12B	10,0	-0,3
14B	4,4	22,8
15B	2,9	22,7
16B	9,0	28,7
17B	1,8	28,6

[2] Procházka, J. – Suchá, J.: Problematika měření délek na odrazné fólie. Geodetický a kartografický obzor, **47/89**, 2001, č. 1, s. 8–15.

[3] Suchá, J.: Přesnost určení geometrických parametrů prostorové ocelové konstrukce geodetickými metodami. Teze k dizertační práci, 19 stran, 7 příloh, ČVUT Praha, 2000.

Suchá, J.: Derivation of Relations for the Calculation of Angles of Reflection Targets Turn

This paper is aimed at deriving relations for electronic distance metres which are used to calculate angles of turn of reflection targets placed on a geodetically measured object. These calculations should enhance decisions on the suitability of the selection of the measuring station. They enable to determine in advance whether the distance metre will be able to measure the distances to all the monitored points of the object without difficulties (the distance metre ray is not reflected if the angle of turn is too large). Also, the choice of the measuring station can better suit the convenience of measuring (zenith angle on the measured points is larger than 70 gons, the effort to get close to the ideal distance of the measuring station to the object, etc). Finally, this article shows an example of practical application.

Suchá, J.: Ableitung von Beziehungen für die Berechnung der Drehwinkel von Reflexionsschildern

Der Beitrag behandelt die Ableitung von Beziehungen für elektronische Entfernungsmesser, die zur Berechnung der Drehwinkel von Reflexionsschildern dienen, die an einem zu vermessenden Objekt angebracht sind. Diese Berechnungen sollen zur leichteren Entscheidung über die geeignete Wahl des Messstandortes dienen. Vorher lässt sich bestimmen, ob der Entfernungsmesser in der Lage ist, die Entfernungen zu allen beobachteten Punkten des Objektes problemlos zu messen (bei einem großen Drehwinkel wird sonst der Entfernungsmesserstrahl nicht zurückgeworfen). Gleichzeitig ist es möglich, die Standortwahl dem größeren Messkomfort anzupassen (weniger steile Zielachsen, das Bemühen, sich der idealen Entfernung des Standorts vom Objekt anzunähern usw.). Es ist auch ein Anwendungsbeispiel angeführt.

● recenze

Osterrieder, P. – Richter, S.

Kranbahnträger aus Walzprofilen Nachweise und Bemessungsdiagramme

Friedr. Vieweg & Sohn Verlagsgesellschaft mbH, Braunschweig/Wiesbaden, 2002, 2., prepracované vydanie. 299 s., cena 59 €, ISBN 3-528-12559-4

V prípade ľahkého a stredného pracovného režimu žeriavov v uzavretých halách je možné navrhnúť nosník žeriavovej dráhy z valcovaného profilu s koľajnicou obdĺžnikového tvaru a bez vodorovného výstužného nosníka. Pri overovaní nosníka žeriavovej dráhy takéhoto typu sú obyčajne rozhodujúcimi veľkosť vodorovnej deformácie v úrovni koľajnice, priestorový vzper ohýbaného nosníka (klopenie nosníka) a stabilita steny prierezu nosníka pri lokálnych účinkoch kolies žeriava spôsobujúcich lokálne vydúvanie steny.

Overovanie klopenia nosníka a lokálneho vydúvania steny je spojené so značnou prácnosťou. Z toho dôvodu autori knihy vypracovali súbor diagramov umožňujúcich hospodárne navrhnúť, kompletne a jednoduchým spôsobom overiť odolnosť žeriavových dráh tohto typu. Overenie pozostáva s porovnania veľkostí vodorovných síl a zvislých kolesových tlakov udávaných výrobcom žeriavu s hodnotami síl, ktoré nosník bezpečne preniesie a ktoré možno odčítať z príslušných diagramov.

Z diagramov je bezprostredne vidieť, či sú pre dané vstupné hodnoty splnené kritériá medzných stavov únosnosti a použiteľnosti. Vstupnými hodnotami sú: a) rozpätie jednoducho podopretého alebo spojitého dvojpoľového nosníka s previslým koncom 4 až 12 m; b) pomer rozvoru

k rozpätiu 0,1 až 0,6 a viac; c) pomer vodorovnej priečnej sily ku zvislej sile 0,1571 až 0,2727; d) dynamický súčiniteľ 1,1 až 1,4; e) uváženie, resp. neuváženie, spolupôsobenia koľajníc s rozmermi 50 x 22,5 mm. Diagramy sú zostavené pre oceľ S 235.

V porovnaní s prvým vydaním sa pri diagramoch zohľadnili aj kritérium porovnávacieho napätia v stene, ktoré môže byť rozhodujúce pri spojitých nosníkoch s krátkymi rozpätiami. Rozšírené sú časti týkajúce sa únavy a zvarov pripájajúcich koľajnicu.

Kniha je členená do kapitol s názvami: Úvodný prehľad, Základy výpočtu, Poznámky k používaniu, Overenie ďalších podmienok, Základné výpočty, to všetko na prvých 54 stranách. Príloha A (s. 55–176) a Príloha B (s.177–297) obsahujú príslušné diagramy zodpovedajúce nosníkom bez spolupôsobenia (A) a so spolupôsobením koľajnice (B). Zoznam literatúry obsahuje 18 položiek.

Autormi knihy sú prof. Dr. Ing. Peter Osterrieder, vedúci Katedry statiky a dynamiky na Brandenburskej technickej univerzite Cottbus a jeho vedecký spolupracovník z katedry Stefan Richter, v súčasnosti činný v praxi. Knihu možno odporučiť študentom univerzít a všetkým inžinierom činným v projekčnej praxi.

prof. Ing. Ivan Baláž, PhD.

Moderní optické metody měření vibrací v průmyslu – celoplošné techniky

Ing. Jiří NOVÁK
 ČVUT – Fakulta stavební
 Praha

Článek popisuje fyzikální princip optického bezkontaktního měření vibrací povrchů konstrukcí a konstrukčních částí v průmyslové praxi. Zaměřuje se na celoplošné techniky, které umožňují velmi přesně měřit dynamické změny tvaru měřeného objektu, tj. vibrace, v celé ploše zvolené části jeho povrchu. Podrobně je popsána metoda digitální speklinterferometrie a uvedeny aplikace měřících zařízení včetně zřejmých výhod využití těchto metod.

Úvod

Měření vibrací průmyslových prvků a nedestruktivního ověřování konstrukcí je v současnosti velmi aktuální, neboť výroba a potřeba analýzy moderních typů konstrukcí v mnoha oblastech průmyslu a stavebnictví klade stále se zvyšující nároky na přesnost a spolehlivost metod pro jejich měření, což vyžaduje vývoj přesnějších a dokonalejších měřících a ověřovacích metod. Technická praxe klade na současné metody stoupající požadavky, zejména na destruktivní charakter měření, vysokou citlivost a přesnost, možnost měření v nestabilních podmínkách prostředí s proměnlivými mechanickými a termodynamickými parametry (např. v podmínkách běžného průmyslového provozu), možnost měření makroskopických i mikroskopických objektů, automatické analýzy a vyhodnocení měření a kompatibilitu získaných výsledků s matematickými modely konstrukcí. U měření vibrací je též velmi důležité, zda metody umožňují přímo měřit celý objekt (konstrukční prvek nebo celou konstrukci) najednou, nebo zda umožňují pouze bodová měření a z nich tvarovou deformaci plochy rekonstruovat. Způsob zjišťování dynamických změn tvaru ploch lze velmi dobře použít k měření v různých odvětvích průmyslu a vědy, např. v automobilovém průmyslu, ve strojírenství, stavebnictví, v oblasti experimentální mechaniky a materiálového inženýrství atd.

Ke sledování mechanických vibrací v praxi existuje mnoho měřících technik, které se dají více či méně úspěšně použít. V zásadě je lze rozdělit na metody **kontaktní** a **bezkontaktní**. Kontaktní metody [1] pro měření změny tvaru vyšetřované konstrukce umožňují měření pouze na diskrétní množině bodů s poměrně řídkou uzlovou sítí, a to jen tehdy, je-li objekt snadno dostupný a senzory se dají na něj snadno připevnit. Nevýhodou je nutnost mechanického kontaktu mezi senzorem a měřeným objektem, což může ve značné části pro průmyslovou praxi důležitých případů omezit či přímo vyloučit jejich efektivní využití. V současnosti je tedy snaha najít takový způsob měření bezkontaktním nedestruktivním způsobem, který by umožňoval automatické vyhodnocení a následnou analýzu v reálném čase. Jedním z typů metod, které tyto požadavky splňují, jsou interferometrické metody.

Interferometrické měřící metody [2] jsou založeny na interakci koherentních vlnových polí s měřeným předmětem. Vlnové pole může být modifikováno např. změnou

geometrických parametrů objektu v důsledku vibrace objektu. Takovéto vlnové pole nese informaci o měřených parametrech objektu, tj. posunutí, rychlosti vibrací atd. Využitím vhodných matematických vyhodnocovacích metod lze získat průběh vibrace objektu.

Jednou z moderních optických bezkontaktních metod měření vibrací je **laserová dopplerovská interferometrie** [3] založená na Dopplerově jevu a na interferenčních vlastnostech světla. Umožňuje měřit mechanické vibrace s amplitudou v řádu nanometrů a rozsahu frekvencí do několika megahertzů. Přes nesporné výhody má nedostatek. Umožňuje totiž v daném okamžiku měřit vibrace bodově, pouze v předem vybraných místech na povrchu objektu. Za částečné řešení lze považovat využití skenovacích vibrometrů, které umožňují zjišťovat vibrace na síti předem určených bodů na povrchu objektu (cca 1 000 bodů). Avšak takovéto systémy jsou nákladné a je nutné, aby vibrace byly v průběhu měření stálé.

Ačkoliv je metoda dopplerovského měření vibrací velmi užitečná jako ověřovací a diagnostický nástroj v různých oblastech průmyslu, nastávají případy, kdy je nutné v daném okamžiku změřit vibrace celého povrchu objektu najednou. Tato celoplošná měření lze velmi dobře provádět holografickou interferometrií nebo speklinterferometrií [4]. Jde o metody založené na principu interference koherentních vlnových polí po interakci s povrchem objektu. Změny tvaru vyvolají změnu fáze odraženého předmětového vlnového pole, které interferuje s vhodným referenčním polem. Ze vzniklého interferenčního pole je moderními matematickými algoritmy [4], [7]–[9] automaticky vyhodnocována změna fáze předmětového vlnového pole. Tato fázová změna přímo souvisí se změnou tvaru objektu. Moderní optoelektronické prvky a vhodné vyhodnocovací algoritmy umožňují pomocí digitálních interferometrických technik provádět statická i dynamická bezkontaktní měření změn tvaru objektů s různým typem povrchu. Tyto metody dosahují vysoké přesnosti měření ($> \lambda/30$, kde λ je vlnová délka záření).

Poměrně velké možnosti měření tvarových deformací poskytují holografické metody, zejména **holografická interferometrie** [4]. Nevýhodou klasických způsobů je, že interferenční pole je často zaznamenáno na citlivou fotografickou desku a její zpracování je poměrně zdlouhavé. Hledají se proto stále nové způsoby, které by umožnily automatické zpracování a analýzu měření v reálném čase. V současné době tedy dochází k prudkému rozvoji interferometrických měřících technik, které pro detekci a vyhodnocení interferenčního pole používají nové elektronické a optoelektronické prvky (CCD, piezoelektrické posuvy aj.) a moderní výpočetní metody. Tím je z měření vyloučen zdlouhavý fotografický proces, který je základní nevýhodou klasické optické holografie.

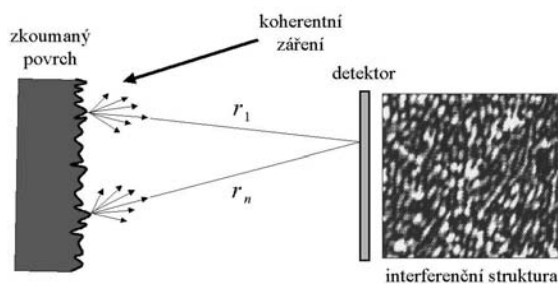
Nyní se zaměříme na metodu **digitální speklinterferometrie**, která umožňuje automatické měření vibrací zkoumaných objektů s využitím moderních optoelektronických prvků. Umožňuje měřit libovolný typ povrchu, což je velmi důležité v praxi, protože u většiny konstrukcí není povrch opticky hladký.

Metoda digitální speklinterferometrie

Pro získání tvarových deformací měřeného povrchu používá princip interference. Při odrazu koherentního optického vlnového pole od opticky drsného povrchu a jeho následném záznamu na fotodetektor nebo fotografickou desku získáme obraz, jehož struktura se podobá chaoticky rozmístěným svítícím bodům na tmavém pozadí. Tento jev se nazývá spekl, též koherenční zrnitost, a vzniká interferencí rozptýleného koherentního záření po odrazu na opticky drsné ploše. U většiny metod optické metrologie, např. v holografii, holografické interferometrii, mikroskopii v koherentním světle, je výskyt speklu nevídaným jevem, protože měření znehodnocuje. Avšak ve speklinterferometrii je měření zpracováváno takovým způsobem, který naopak využívá korelaci detekované speklstruktury. Na *obrázku 1* je znázorněn princip vzniku struktury speklu (několikanásobně zvětšeno). Lze ji modelovat negativním exponenciálním rozdělením intenzity a rovnoměrným rozdělením fáze [4]. Průměrná velikost jednotlivých interferenčních zrn d_s při zobrazení sledovaného povrchu optickým systémem s ohniskovou vzdáleností f a výstupní aperturou D je rovna

$$d_s = 2,44 \lambda f / D, \quad (1)$$

kde λ je vlnová délka záření. Struktura speklu se vyznačuje velkým kontrastem.



Obr. 1. Vznik struktury speklu

Při měření se využívá interference předmětového a referenčního vlnového pole. Předmětové pole po odrazu od sledovaného objektu interferuje s polem referenčním a detektorem můžeme zjistit rozdělení intenzity výsledného interferenčního pole ve zvolené rovině (x, y) , které lze zapísat jako [4], [5]

$$I = I_R + I_O + 2\sqrt{I_R I_O} \cos(\varphi_O - \varphi_R), \quad (2)$$

kde I_R , resp. I_O , je intenzita a φ_R , resp. φ_O , jsou fáze referenčního, resp. předmětového vlnového pole. Vzhledem k tomu, že fáze předmětového vlnového pole je po odrazu náhodně a velmi rychle oscilující funkcí, je i detekovaná intenzita interferenčního pole náhodně oscilující funkcí, tj. vytváří strukturu speklu. Důležitou vlastností speklinterferometrie je to, že informace obsažená v interferenčním poli, které je zaznamenáno v jednom stavu sledovaného objektu, není v podstatě k užítku. Důležitou informaci o změně tvaru objektu můžeme získat pouze tehdy, porovnáme-li dva různé stavy předmětu, které odpovídají jeho deformaci.

Uvažujme nyní dva speklinterferogramy získané v různých stavech měřeného objektu, které odpovídají deformaci jeho povrchu. Na základě vztahu (2) lze pro rozdělení intenzity v rovině detekce psát

$$\bullet \text{ stav 1:} \quad (3a)$$

$$I_1 = I_R + I_O + 2 I_R I_O \cos(\varphi_O - \varphi_R) = A + B \cos \psi,$$

$$\bullet \text{ stav 2:} \quad (3b)$$

$$I_2 = I_R + I_O + 2 I_R I_O \cos(\varphi_O - \varphi_R + \Delta\varphi) = A + B \cos(\psi + \Delta\varphi).$$

V důsledku změny tvaru povrchu, např. deformace, dochází k fázové změně $\Delta\varphi$ objektového vlnového pole. Cílem je automatické vyhodnocení této fázové změny a následné určení změny tvaru povrchu, tj. posunutí jednotlivých bodů na povrchu objektu.

Existují v zásadě dva způsoby pro vyhodnocení interferenčních polí při měření touto metodou. První způsob využívá korelace speklinterferogramů mezi různými stavy objektu. Předpokládejme, že funkce A a B se v obou stavech měřeného objektu neliší. Provedeme-li rozdíl interferogramů (3), získáme

$$\begin{aligned} I_{21}^- &= I_2 - I_1 = B [\cos(\psi + \Delta\varphi) - \cos \psi] = \\ &= 2B \sin\left(\psi + \frac{\Delta\varphi}{2}\right) \sin\left(\frac{\Delta\varphi}{2}\right). \end{aligned} \quad (4)$$

Zatímco hodnoty $B(x, y)$ a $\psi(x, y)$ náhodně oscilují s pozicí (x, y) , funkce $\Delta\varphi(x, y)$ je pomalu měnící se funkcí souřadnic, která odpovídá změně tvaru měřeného objektu mezi dvěma sledovanými stavy. Vztah (4) vyjadřuje strukturu korelačních proužků. Tmavé mají vysoký kontrast a světlé jsou degradovány koherentním šumem. Jas korelační struktury bude minimální pro $\Delta\varphi = n\pi$ a n sudé (tmavé proužky), resp. maximální pro $\Delta\varphi = n\pi$ a n liché (světlé proužky). Tmavé, resp. světlé korelační proužky, odpovídají oblastem, kde jsou, resp. nejsou, zaznamenané hodnoty intenzity interferenčního pole ve zkoumaných stavech předmětu korelovány. Jelikož I_{21}^- nabývá kladných i záporných hodnot, je vhodné vytvořit absolutní hodnotu z tohoto výrazu nebo tento výraz umocnit. Vzhledem k tomu, že kvalita korelačních proužků je dosti nízká, je nutné použít některé metody pro potlačení šumu v digitálním obraze. Vhodný je např. filtr typu dolní propust pro potlačení vysokofrekvenční složky koherentního šumu. Na *obrázku 2* jsou znázorněny dva speklinterferogramy a korelační struktura vzniklá jejich rozdílem.

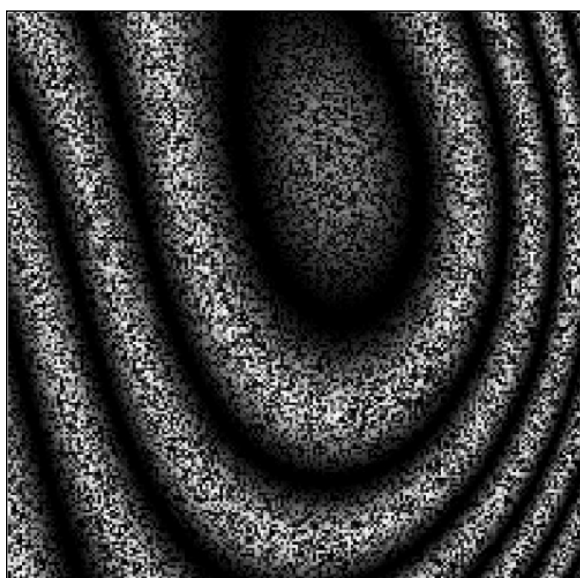
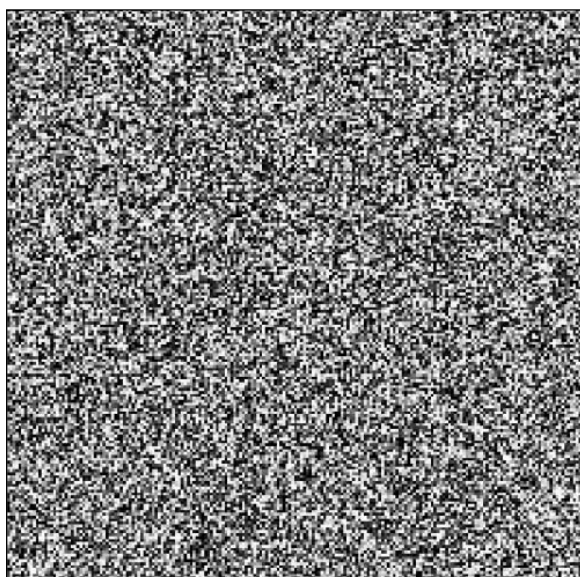
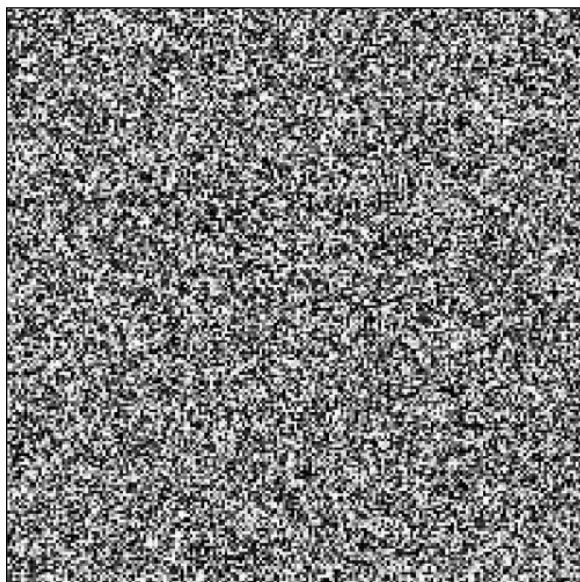
Provedeme-li naopak nekoherentní součet rozdělení intenzity (3a) a (3b) v různých stavech měřeného objektu, získáme výslednou korelační strukturu

$$\begin{aligned} I_{21}^+ &= I_2 + I_1 = 2A + B [\cos(\psi + \Delta\varphi) + \cos \psi] = \\ &= 2A + 2B \cos\left(\psi + \frac{\Delta\varphi}{2}\right) \cos\left(\frac{\Delta\varphi}{2}\right). \end{aligned} \quad (5)$$

Tato struktura opět odpovídá světlým a tmavým korelačním proužkům. Její střední hodnota je konstantní, ovšem kontrast je proměnlivý – závisí na funkci $\Delta\varphi(x, y)$. Proužky, které získáme nekoherentním součtem dvou zaznamenaných speklinterferogramů, jsou tedy proužky kolísajícího kontrastu. Kvalitu těchto proužků je třeba zvýšit filtrací typu horní propust. Je nutné poznamenat, že tyto proužky jsou méně kvalitní než v případě rozdílu speklinterferogramů. Popsaná metoda je vhodná při měření dynamických událostí.

Vizualizace proužků stačí v některých aplikacích nedeaktivního zkoumání konstrukcí ke kvalitativní analýze. Často je ovšem nutná též kvantitativní analýza prováděných měření. K tomu je možné použít několik vhodných vyhodnocovacích metod [3]. Zde uvedeme pouze dvě metody, a to metodu skeletonizace korelačních proužků a metodu fázového posuvu.

Nejprve je třeba objasnit, jak souvisí fázový rozdíl detekovaného interferenčního pole s deformací měřeného objektu. Změna tvaru měřené plochy vyvolá změnu optického dráhového rozdílu ΔW interferujících vlnových polí, což je změna optické dráhy vlnového pole před deformací a po ní. Fázová změna $\Delta\varphi$, příslušná změně optického



Obr. 2. Korelační proužky

dráhového rozdílu ΔW , je potom

$$\Delta\varphi = \frac{2\pi}{\lambda} \Delta W. \quad (6)$$

Předpokládejme, že osvětlíme měřenou plochu sférickou vlnou vycházející z bodu Z , a budeme pozorovat toto vlnové pole v bodu D po jeho interakci s měřeným předmětem (obr. 3). Po deformaci plochy dojde ke změně pozice bodů plochy, např. zkoumaný bod P se přesune do bodu P^* . Vektor posunutí daného bodu poté můžeme definovat

$$\mathbf{d}(P) = \{d_x(P), d_y(P), d_z(P)\} = P^* - P \quad (7)$$

a optická dráha W mezi body Z a D může být vyjádřena jako

$$\mathbf{W} = (\mathbf{r} - \mathbf{r}_Z) \mathbf{a} - (\mathbf{r}_D - \mathbf{r}) \mathbf{b}, \quad (8)$$

kde \mathbf{a} , resp. \mathbf{b} , jsou jednotkové vektory ve směru ZP , resp. PD . Pro výslednou změnu dráhového rozdílu v bodu P lze potom odvodit

$$\Delta W(P) = [\mathbf{a}(P) - \mathbf{b}(P)] \mathbf{d}(P) \quad (9)$$

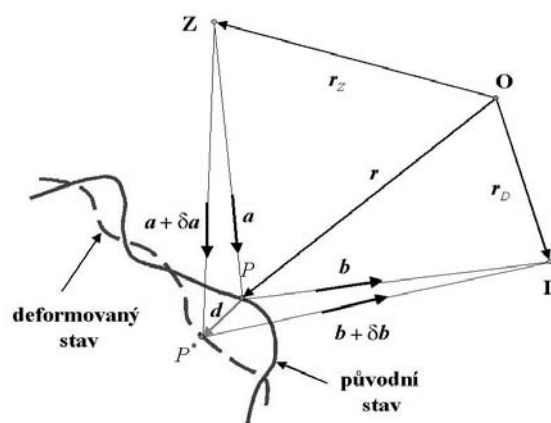
a pro výslednou fázovou změnu platí

$$\Delta\varphi(P) = s(P) \mathbf{d}(P), \quad s(P) = \frac{2\pi}{\lambda} [\mathbf{a}(P) - \mathbf{b}(P)]. \quad (10)$$

Základem pro určení vektoru posunutí bodu P měřené plochy je rovnice (10). Vektor s je nutné určit z geometrického uspořádání měřicího zařízení.

Hledaný fázový rozdíl lze vyhodnocovat ze vztahu (4), resp. (5), pomocí lokalizace extrémů vzniklé korelační struktury, mezi nimiž je fázový rozdíl znám. Cílem je po předchozím potlačení šumu automatické nalezení středů korelačních proužků [9] a následná aproximace fázových hodnot [3].

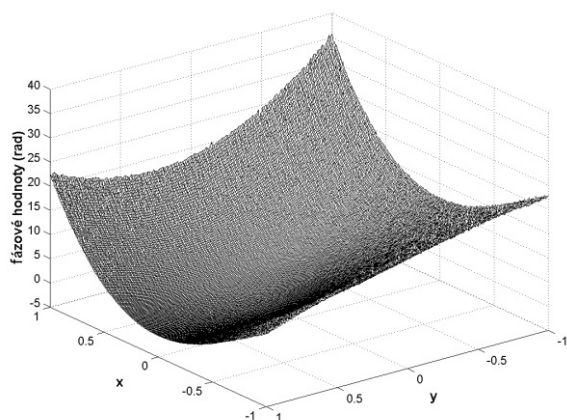
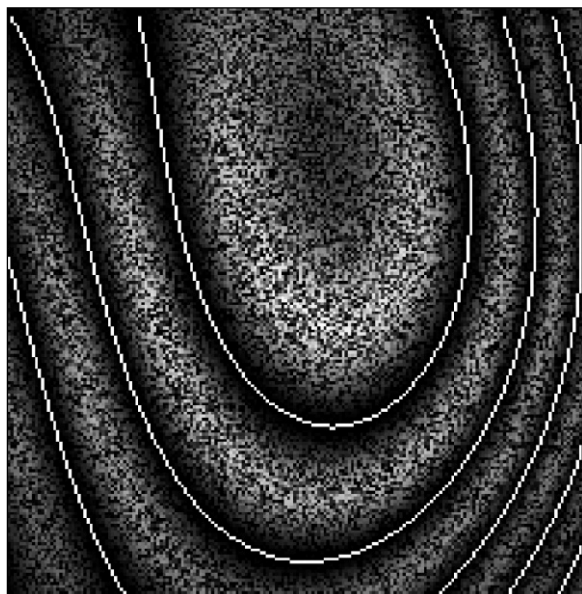
Na obrázku 4 je znázorněn vyhodnocovací proces speklinterferogramů z obrázku 2 (nahore jsou korelační proužky a dole je vyhodnocený fázový rozdíl $\Delta\varphi$). Výhodou této metody je, že k vyhodnocení deformace měřeného objektu jsou zapotřebí pouze dva interferogramy odpovídající dvěma různým stavům objektu. V závislosti na kvalitě vstupních dat lze získat přesnost vyhodnocení optického dráhového rozdílu až $\lambda / 20$.



Obr. 3. Schéma měření změny tvaru vyšetřované plochy

Jedním z dalších způsobů, jak získat fázové hodnoty $\Delta\varphi(x, y)$, je metoda fázového posuvu, která spočívá ve fázové modulaci vyhodnocovaného interferenčního pole. Fázová změna může být zavedena do referenčního svazku, např. změnou optické dráhy svazku pomocí piezoelektrického posuvu se zrcátkem [3], [4]. Pro intenzitu interferenčního pole v jednotlivých interferogramech můžeme psát

$$I_i = A + B \cos(\psi + \delta_i), \quad i = 1, \dots, N, \quad (11)$$



Obr. 4. Vyhodnocení struktury korelačních proužků

kde δ_i je fázový posuv pro i -tý interferogram. Na základě vhodné volby počtu interferogramů N a velikosti fázového posuvu δ_i mezi jednotlivými měřeními intenzity interferenčního pole lze získat odlišné typy vyhodnocovacích algoritmů. V případě, že hodnoty fázového posuvu jsou konstantní a rovnoměrně rozdělené v jedné periodě interferenčního signálu, potom pro fázové hodnoty $\psi(x, y)$ lze odvodit

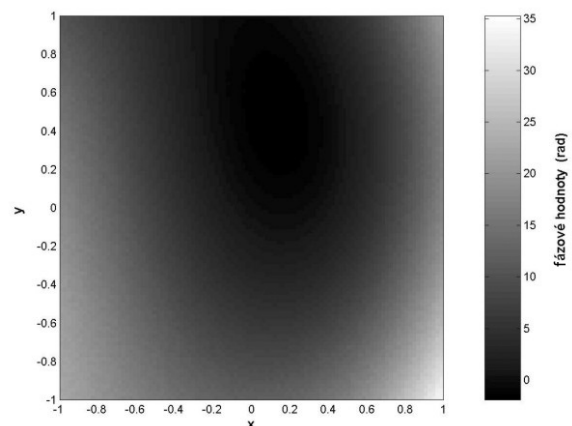
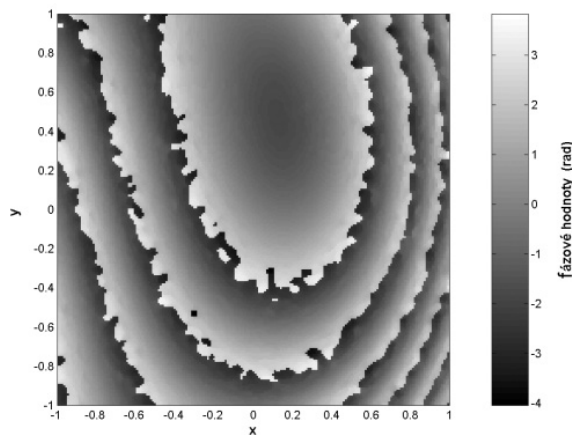
$$\psi(x, y) = \text{tg}^{-1} \left(\frac{\sum_{i=1}^N I_i(x, y) \sin \delta_i}{\sum_{i=1}^N I_i(x, y) \cos \delta_i} \right), \quad \delta_i = \frac{2\pi}{N} i + \delta_1, \quad (12)$$

kde δ_1 je počáteční hodnota fázového posuvu a N je počet měření intenzity I interferenčního pole. Pro $N = 4$ a $\delta_1 = 0$ dostaneme např. algoritmus

$$\text{tg } \psi = (I_2 - I_4) / (I_3 - I_1). \quad (13)$$

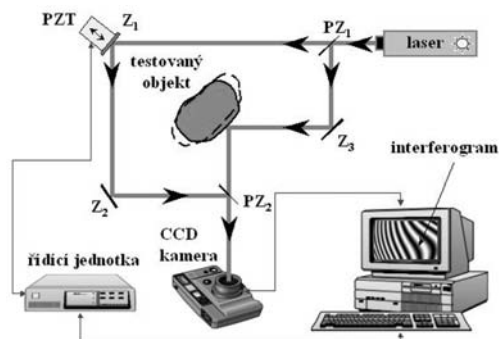
Abychom mohli určit fázový rozdíl $\Delta\varphi$ způsobený změnou tvaru povrchu, je nutné provést měření intenzity a výpočet fázových hodnot pro dva odlišné stavy měřeného objektu. Rozdílem získaných fázových hodnot ψ v těchto dvou stavech dostaneme fázový rozdíl $\Delta\varphi$ příslušný deformaci [4]. Fázové hodnoty je nutné filtrovat vzhledem k výskytu koherentního šumu. Při použití metody fázového posuvu se ukazuje jako výhodné provést filtraci čitatele a jmenovatele

ve vztahu (13). Metodou fázového posuvu získáme fázové hodnoty v intervalu $[-\pi, \pi]$. Problém nespojitosti fázových hodnot je způsoben použitím funkce arctg při rekonstrukci. Bezchybné odstranění těchto nespojitostí spočívá v integraci fázových hodnot pomocí vhodných matematických metod [10]. Na obrázku 5 je znázorněn způsob odstranění nespojitosti fázových hodnot (nahore je nespojitá fázová mapa, dole rekonstruované spojitě rozdělení fázových hodnot).



Obr. 5. Odstranění nespojitostí fázových hodnot

Na obrázku 6 je uvedeno jedno z možných schémat experimentálního uspořádání pro měření deformací metodou digitální speklinterferometrie. Svazek světla vycházející ze zdroje koherentního záření (laseru) je částečně propustným zrcadlem PZ_1 rozdělen do dvou částí. První, referenční svazek, projde zrcadlem PZ_1 , odrazí se od posuvného zrcadla Z_1 (pomocí piezoposuvu PZT), dále se odrazí od zrcadla Z_2 a po odrazu na částečně propustném zrcadle PZ_2 dopadá na kameru CCD. Druhý, předmětový svazek, se



Obr. 6. Schéma měřicího zařízení
Z – zrcadlo, PZ – polopropustné zrcadlo, PZT – piezoposuv

odrazí od zrcadel PZ_1 a Z_3 a dopadá na měřený předmět, kterým je modifikován, a poté prochází částečně propustným zrcadlem PZ_2 a dopadá též na kameru. Zde oba svazky interferují a senzor detekuje výslednou intenzitu záření. Řídicím a integrujícím prvkem celého měřicího schématu je počítač přes své rozhraní propojený s řídicí jednotkou, která umožňuje řídit posuvy piezoelementu a kameru. Spolu s řídicí jednotkou kamera umožňuje snímat intenzitu záření dopadajícího na jednotlivé prvky senzoru a převést signál do digitální formy.

Měření probíhá tedy tak, že počítač vyšle signál řídicí jednotce posuvu, která postupně nastaví hodnoty změny fáze δ v referenčním poli pomocí fázového modulátoru. Na základě popsaných vyhodnocovacích metod je možné rekonstruovat prostorovou deformaci měřené plochy. Vzhledem k moderním optoelektronickým prvkům (vysokorychlostních kamer a vhodných fázových modulátorů pro nastavení fázového posuvu) je možné touto bezkontaktní metodou velice přesně a v reálném čase měřit i dynamické změny tvaru povrchu objektů.

Metoda digitální speklinterferometrie pro měření vibrací

Jak již bylo poznamenáno, je možné tuto metodu úspěšně použít k velmi přesnému měření vibrací. Lze ji využít jak pro kvalitativní, tak kvantitativní analýzu vibrací. V praxi lze v zásadě rozdělit vibrace na dva základní typy:

- s harmonickým průběhem,
- obecné vibrace, které potom mohou mít buď periodický, nebo neperiodický průběh.

V praxi se však nejčastěji setkáváme s periodickými vibracemi. V případě lineárních vibrací může být každý vibrační stav zapsán jako součet jednotlivých vibračních módů

$$\mathbf{d}(P, t) = \sum_{k=1}^M \mathbf{d}_{m,k}(P) f_k(t), \quad (14)$$

kde $\mathbf{d}(P, t)$ je vektor posunutí bodu P v časovém okamžiku t , $\mathbf{d}_{m,k}(P)$ je amplituda vibrací v bodě P pro k -tý vibrační mod a funkce $f_k(t)$ charakterizuje časový průběh vibrací pro k -tý vibrační mod.

Prvním způsobem, jak měřit vibrace pomocí digitální speklinterferometrie, je **metoda kontinuálního osvětlení**, při níž je intenzita interferenčního pole kontinuálně zaznamenávána po dobu ΔT výrazně delší než perioda měřených vibrací. Potom je možné pro detekovanou intenzitu I v bodě P psát

$$I(P) = \frac{1}{\Delta T} \int_T^{T+\Delta T} I(P, t) dt = \frac{1}{\Delta T} \int_T^{T+\Delta T} (A(P) + B(P) \cos[\psi(P) + \Delta\varphi(P, t)]) dt, \quad (15)$$

kde podle (10)

$$\Delta\varphi(P, t) = \mathbf{s}(P) \mathbf{d}(P, t). \quad (16)$$

Zabývejme se nyní případem harmonických vibrací, které se často vyskytují v praxi, tj.

$$\mathbf{d}(P, t) = \mathbf{d}_m(P) \sin(\omega t), \quad (17)$$

kde ω je úhlová frekvence vibrací. Potom lze dosazením do vztahu (15) a integrací odvodit pro výsledné rozdělení intenzity interferenčního pole, zaznamenané detektorem optického záření,

$$I(P) = A(P) + B(P) \cos \psi(P) J_0[\mathbf{s}(P) \mathbf{d}_m(P)], \quad (18)$$

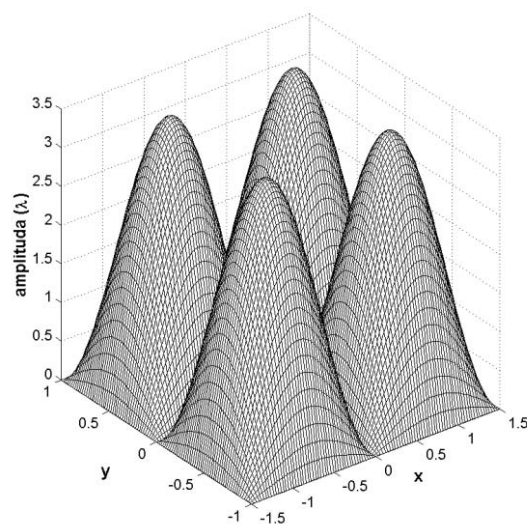
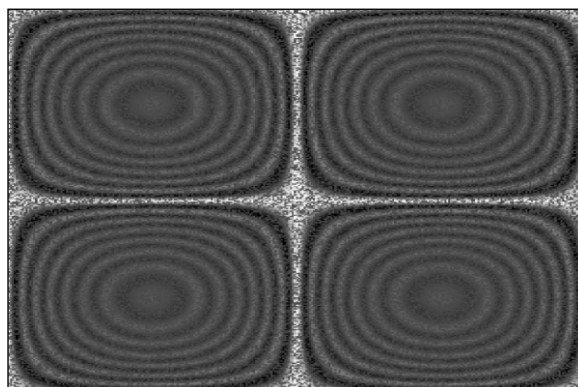
kde J_0 je Besselova funkce prvního druhu a řádu nula. Předchozí vztah představuje strukturu specklu (Besselovské proužky), jejíž kontrast je modulován Besselovou funkcí J_0 . Vzhledem k průběhu Besselovy funkce je ovšem kontrast proužků s nenulovými vibračními amplitudami velmi malý. Vylepšit jej lze např. rozdílem dvou interferogramů fázově posunutých o π , tj.

$$I_1 - I_2 = B [\cos \psi - \cos(\psi + \pi)] J_0(\mathbf{s} \mathbf{d}_m) = 2B \cos \psi J_0(\mathbf{s} \mathbf{d}_m). \quad (19)$$

Jelikož člen $\cos \psi$ osciluje s vysokou frekvencí, je možné filtrací typu dolní propust a umocněním předchozího vztahu získat

$$\Delta I_f = 4B^2 [J_0(\mathbf{s} \mathbf{d}_m)]^2. \quad (20)$$

Tento vztah již představuje strukturu s vyšším kontrastem a je méně degradovaným koherentním šumem. Světlé proužky odpovídají místům, kde je amplituda měřených vibrací nulová. Na *obrázku 7* je interferogram s Besse-



Obr. 7. Interferogram a maximální amplituda vibrující desky

lovskými proužky a odpovídající maximální amplituda vibrací pro jeden vibrační mod obdélníkové desky pevně upnuté na okraji. Popsaný způsob zpracování interferogramů lze provést za předpokladu, že pohyb měřeného objektu mezi jednotlivými interferogramy je malý v porovnání s velikostí jednotlivých zrn struktury specklu. Vyhodnocením Besselovských interferogramů, např. metodou fázového posuvu, je možné získat pouze maximální amplitudu vibrací [4]. Proto se uvedená metoda dá použít v průmyslových aplikacích především pro charakteristiku jed-

notlivých vibračních modů u konstrukcí. K měření je možné použít laser pracující v kontinuálním režimu s výkonem od několika miliwattů do několika wattů v závislosti na velikosti měřeného objektu. Pro detekci intenzity lze použít standardní kameru CCD s frekvencí snímků 25 až 30 Hz. V dalším textu si ukážeme metodu, kterou lze automaticky vyhodnocovat časový průběh libovolných vibrací, tj. jak fázi, tak i amplitudu vibrací.

Více kvantitativních informací o vibracích měřeného objektu můžeme získat **metodou diskretního osvětlení**, při níž se intenzita interferenčního pole zaznamenává po dobu ΔT , která je výrazně kratší než perioda vibračního modu s nejvyšší frekvencí, jež je obsažen v měřeném pohybu. Podle vhodného předpokladu o průběhu pohybu se zvolí diskretní intervaly impulsního osvětlení, např. stroboskopické osvětlení nebo osvětlení dvojicí laserových impulsů. Zaměříme se na osvětlení měřeného objektu dvěma laserovými impulsy, které je vhodné pro měření průběhu libovolných vibrací. Vzhledem k velmi krátké expoziční době lze měření provádět i na značně nestálých objektech. Pro detekovanou intenzitu I v bodě P platí vztah (16). Uvažujme nyní opět harmonický průběh vibrací

$$d(P, t) = d_m(P) \cos(\omega t + \Phi), \quad (21)$$

kde ω je úhlová frekvence vibrací, d_m je amplituda vibrací a Φ je fáze vibrací. Pro rozdělení intenzity interferenčního pole pro oba impulsy, detekované v rovině detektoru (x, y), lze psát

$$I_k = A + B \cos[\psi + sd_m \cos(\varphi_k + \Phi)], \quad k = 1, 2, \quad (22)$$

kde Φ je fáze vibrací vzhledem ke zvolenému referenčnímu bodu na povrchu měřeného objektu a fáze φ_k odpovídá okamžikům, ve kterých je měření prováděno. Provedeme-li nyní rozdíl intenzity, získáme

$$I_2 - I_1 = 2B \sin \psi' \sin \left[sd_m \sin \left(\frac{1}{2} \{2\Phi + \varphi_1 + \varphi_2\} \right) \sin \left(\frac{1}{2} \{\varphi_2 - \varphi_1\} \right) \right], \quad (23)$$

kde $\sin \psi'$ je člen oscilující s vysokou frekvencí. Minimální separace pulsů se pohybuje v závislosti na použitém detektoru kolem 1 ms. Na základě vhodné volby fází φ_1 a φ_2 pro daný experiment je možné určit fázi i amplitudu vibrací. Pro vyhodnocení je možné opět použít metodu fázové modulace referenčního svazku. Jelikož struktura vyjádřená vztahem (23) obsahuje náhodně oscilující člen $\sin \psi'$ a nabývá obecně kladných i záporných hodnot, je nutné nejprve rozdíl intenzity umocnit na druhou, a potom použít filtraci typu dolní propust. Stejným způsobem můžeme provést nekoherentní součet intenzity, který je výhodný pro dynamická měření zejména tím, že není omezena minimální doba mezi dvěma expozičními měřeními objektu. Součet intenzity lze zaznamenat na jeden snímek. Užítí diskretního osvětlení je výhodné proti metodě kontinuálního osvětlení především tím, že vyhodnocovaná intenzitní struktura má harmonický průběh, proužky mají větší kontrast a lze použít běžné způsoby vyhodnocování interferenčního pole. Pro aplikace v praxi se nejčastěji používá rubínový nebo impulsní laser Nd:YAG s energií pulsu až 1 J.

K měření časového průběhu obecných dynamických tvarových změn povrchu objektů je možné použít vysokorychlostní kamery CCD s frekvencí snímků až několik desítek tisíc hertzů. V kombinaci s kontinuálními lasery je možné zaznamenat průběh vibrací až s mikrosekundovým rozlišením, což je pro většinu průmyslových aplikací dostatečné. Fáze a amplituda vibrací může být vyhodnoco-

vána ze struktury korelačních proužků, např. metodou Fourierovy transformace [3], [4], [8].

Měřicí metoda v technické praxi

V praxi metoda umožňuje získat kvantitativní informaci o amplitudě a fázi vibrace měřeného objektu. Existuje několik vhodných konstrukčních modifikací popsaného způsobu měření vibrací. Jako příklad uvedeme systém fy Ettemayer Q-600, který umožňuje bezkontaktně měřit třírozměrné dynamické deformace (obr. 8). Systém je konstruován



Obr. 8. Systém pro měření vibrací využitím digitální speklinterferometrie

zejména pro nedestruktivní ověřování strojirenských konstrukcí. Jako zdroj záření používá rubínový laser s energií pulsu 1 J a separací pulsů od 2 do 800 μ s. Tři kamery s rozlišením 1 300 \times 1 030 obrazových bodů snímají sledovanou oblast a pomocí softwaru se potom vyhodnotí deformace sledované plochy. Systém umožňuje přesná měření vibrací s rozlišením 0,06 μ m u velkých oblastí s plochou až několik metrů čtverečních.

Hlavní výhodou speklinterferometrie proti bodovým způsobům měření vibrací je možnost vyhodnocení celé oblasti objektu. Relativně velmi krátké expoziční časy a vhodné automatické metody analýzy značně zvyšují odolnost popisované metody v průmyslovém provozu. Je nutné poznamenat, že digitální speklinterferometrie má jistá omezení. Vzhledem k tomu, že fáze předmětového vlnového pole závisí na mikrostruktuře povrchu objektu a integrační oblasti obrazových bodů detektoru optického záření, způsobuje posunutí bodů na povrchu předmětu změnu hodnot A , B a ψ ve vztazích (3a) a (3b), což může být příčinou snížení korelace odpovídajících speklinterferogramů. Výkonem laseru je omezena velikost měřené části povrchu objektu. Pro zlepšení je možné zvýšit jeho odrazivost, např. speciálními fóliemi nebo nátěry.

Závěr

V článku byl popsán fyzikální princip měření vibrací průmyslových objektů a konstrukcí optickou metodou, která umožňuje bezkontaktní sledování mechanických vibrací ve zvolené oblasti objektu. Je založena na interferenci koherentních optických vlnových polí po interakci s povrchem vibrujícího objektu. Byla podrobně vysvětlena teorie metody digitální speklinterferometrie a možnosti jejího použití byly demonstrovány na několika příkladech analýzy

měření a příkladem měřicího zařízení. Dále byly nastíněny její výhody a nevýhody v průmyslové praxi. Je zřejmé, že jde o velmi elegantní a velmi přesný nástroj pro analýzu vibrací, který lze použít v různých oblastech vědy a techniky. V současné době probíhá rozvoj těchto moderních optických technik, přičemž parametry měřicích zařízení se vzhledem k vývoji používaných elektronických a optoelektronických prvků stále zdokonalují.

Článek byl vypracován v rámci grantu č. 103/03/P001 GA ČR.

Literatura

- [1] Ďaďo, S. – Kreidl, M.: *Senzory a měřicí obvody*. Praha, Vydavatelství ČVUT 1996.
- [2] Rastogi, P. K.: *Handbook of Optical Metrology*. Boston, Artech House Publishing 1997.
- [3] Malacara, D. (ed.): *Handbook of Optical Engineering*. New York, Marcel Dekker 2001.
- [4] Kreis, T.: *Holographic Interferometry: Principles and Methods*. Berlin, Akademie Verlag 1996.
- [5] Mikš, A. – Novák, J.: *Application of Multi-Step Algorithms for Deformation Measurement*. SPIE Proceedings, Vol. 4398, Washington 2001, pp. 280–288.
- [6] Novák, J.: *Error Analysis of Three-Frame Algorithms for Evaluation of Deformations*. *Interferometry of Speckle Light: Theory and Applications*. Berlin, Springer Verlag 2000, pp. 439–444.
- [7] Novák, J.: *Computer Simulation of Phase Evaluation Process with Phase Shifting Technique*. *Physical and Material Engineering 2002*, Prague, CTU Publishing House 2002.
- [8] Novák, J.: *Computer Analysis of Interference Fields Using MATLAB*. MATLAB 2002, Prague.
- [9] Novák, J.: *Techniques for Automatic Identification and Numbering of Interference Fringes Using MATLAB*. MATLAB 2002, Prague.
- [10] Ghiglia, D. C. – Pritt, M. D.: *Two-Dimensional Phase Unwrapping: Theory, Algorithms and Software*. New York, John Wiley & Sons 1998.
- [11] Ettemeyer AG Product Catalogue 2002.

Novák, J.: *Modern Optical Methods for Measuring of Vibrations in Industry: Full-Field Techniques*

This article describes a physical principle of optical methods for noncontact vibration measurement of structures in industrial practice. The paper is focused on full-field techniques which enable to measure very accurately dynamic changes of the shape of the tested object, ie vibrations, in the chosen area of the object surface. This article presents the method of digital speckle interferometry. It shows some practical schemes for measurement of vibrations together with advantages of these methods in comparison with other methods for measuring of mechanical vibrations.

Novák, J.: *Moderne optische Methoden zur Messung von Vibrationen in der Industrie – Ganzflächentechniken*

Der Artikel beschreibt das physikalische Prinzip der kontaktlosen optischen Messung von Vibrationen von Oberflächen und Konstruktionsteilen in der Industriepraxis. Er orientiert sich auf Ganzflächentechniken, die die genaue Messung einer dynamischen Formänderung des zu messenden Objektes, d.h. Vibrationen auf der gesamten Fläche eines ausgewählten Teils seiner Oberfläche, ermöglichen. Es werden ausführlich die Methode der digitalen Speklinterferometrie beschrieben und Anwendungen von Messvorrichtungen einschließlich offensichtlicher Vorteile durch die Anwendung dieser Verfahren angeführt.

• zprávy

Úspěšná vodní tlaková zkouška unikátní nádrže

V říjnu ukončili pracovníci akciové společnosti Metrostav v areálu Centrálního tankoviště ropy MERO ČR v Nelahozevsi tlakovou zkoušku pláště první ze čtyř nádrží ropy o objemu 125 tis. m³. Právě tyto čtyři nádrže, o něž se rozšíří komplex již provozovaných deseti velkokapacitních nádrží, umožní zvýšit objem skladových zásob ropy v České republice.

Dvouplášťová ocelová svařovaná nádoba průměru 84,5 m a výšce 24 m je smontována z rozměrných plechů, při jejichž svařování a montáži bylo nutné dodržet maximální přesnost. Dosažení požadované svislosti plášťů a kruhového tvaru nádrže bylo přitom nesmírně složité, neboť desítky kilometrů svařovaných spojů, stovky jejich křížení a různá tloušťka plechů vytvářejí obrovský zdroj prnutí a následných deformací.



Geometrii nádrže výrazně ovlivňují třeba i jen drobné změny teploty vzduchu. Při postupném napouštění nádrže nedošlo k žádným průsakům. Svědčí to o tom, že veškeré stavební, montážní a svařovací práce byly provedeny v požadované kvalitě. Mohlo být tedy okamžitě zahájeno přečerpávání vody do sousední nádrže stejných parametrů, aby se i u ní stejným způsobem ověřila těsnost.

Tyto první dvě nádrže vybavené veškerým technologickým zařízením a zázemím budou do užívání předány v průběhu roku 2003, třetí pak v roce následujícím. Poslední nádrž by měla být zprovozněna v průběhu roku 2005.

Tisková informace

• zprávy

V dubnu na Evropské stavební fórum

EU – riziko, nebo šance pro české stavebnictví. To je hlavní téma Evropského stavebního fóra, které proběhne v době konání Mezinárodního stavebního veletrhu IBF v Brně dne 14. dubna 2003. Odborné setkání se bude konat v areálu Brněnského výstaviště (rotunda pavilonu A a Kongresové centrum Brno).

Co nám Evropská unie přinese a co nám naopak vezme? Jedná se o šance, či rizika? Jak se promítne náš vstup do Evropské unie a do východoevropského stavebnictví? Jak uzpůsobit firemní agendu, abychom měli snadný přístup na evropské trhy? Na tyto a další otázky budou hledat společnou odpověď mnozí naši i zahraniční odborníci na Evropském stavebním fóru. Organizátorem fóra jsou Veletrhy Brno, a. s., a Kongresové centrum Brno, a. s., pořadatelem Svaz podnikatelů ve stavebnictví ČR (SPS ČR) ve spolupráci s Evropskou federací stavebního průmyslu FIEC v Bruselu. Odbornými partnery jsou Česká komora autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě (ČKAIT) a Mezinárodní unie stavebních center (UICB).

Šance pro dialog

V rámci moderované panelové diskuze vystoupí přední domácí i zahraniční významné osobnosti českého i evropského stavebnictví, zástupci evropských struktur, vlády České republiky, představitelé Jihomoravského kraje a města Brna a další odborníci. Ti všichni se budou snažit najít cestu k dialogu a kvalifikovaně odpovědět na otázku, zda vstup do EU znamená riziko nebo šance pro české stavebnictví. Účast přislíbili například ministr průmyslu a obchodu ČR Jiří Rusnok, prezident Svazu podnikatelů ve stavebnictví ČR doc. Ing. Milan Veverka, CSc., ale i prezident FIEC Brusel p. Küchler, zástupce UICB (Mezinárodní unie stavebních středisek) Helsinky, pozvání obdrželi i představitelé partnerských organizací ze zahraničí a další významní hosté.

Součástí Evropského stavebního fóra bude jednání v pěti samostatných sekcích:

• Sekce 1 – Specifika projektů financovaných ze zdrojů Evropské unie

Diskutovat se bude např. o možnostech lokalizace zakázky v rámci fondů EU, o problematice veřejných zakázek, ale také o financování veřejných projektů, procesu studie a přípravy rozpočtu, o problematice finanční analýzy zakázky, o procedurách spojených s projektovým řízením atd.

• **Sekce 2 – Právo ES – požadavky týkající se výstavby**
K hlavním tématům budou patřit problematika technické normalizace ve vztahu k výrobkům ve stavebnictví, problematika kvalifikace a výkonu povolání v zemích Evropské unie, otázky spojené se zadáváním veřejných zakázek, připravenost českého stavebnictví z pohledu komunitární legislativy a další související otázky.

• Sekce 3 – Projektování a architektura

V rámci této sekce budou naši i zahraniční účastníci diskutovat o možnostech spolupráce architektů a dalších odborní-

ků v rámci jednotné Evropy. Stranou jistě nezůstane ani možnost výměny informací a zkušeností projekčních a architektonických kanceláří a dalších pracovišť.

• Sekce 4 – Regionální investiční příležitosti

Tato sekce bude pojata jako samostatná odborná konference. Jejím cílem bude seznámit potenciální zájemce i další subjekty s komplexními podmínkami pro investování v České republice. Jednat se bude především o investičních pobídkách, o koordinaci postupu investic a jejich financování a o dalších otázkách. Součástí jednání bude i prezentace regionálních průmyslových zón, investičních a dalších významných projektů.

• Sekce 5 – Možnosti stavebního trhu v Ruské federaci

Také tato část fóra bude pojata jako samostatná konference, jejímž cílem bude přiblížit zájemcům právní a finanční rámec působení zahraničních firem na území Ruské federace (subdodávky firem, společné podniky a projekty, volné podnikatelské zóny, možnost společných zakázek stavebních firem z České republiky, Evropské unie a Ruské federace na území Ruska a ve třetích zemích atd.).

Evropské stavební fórum se bude konat v rámci 8. ročníku mezinárodního stavebního veletrhu IBF. Ten patří se svými 1 364 vystavujícími firmami z 20 zemí a 93 000 návštěvníky k největším stavebním veletrhům ve střeoevropském regionu. Proběhnou i další odborné akce, soutěže a setkání, mimo jiné zasedání skupiny FIEC pro země střední a východní Evropy, celostátní setkání hejtmanů ČR, ale například i prezentace programu EUROPAREGION.

Tisková informace

Stavební veletrhy Brno

13. – 17. dubna 2003



Mezinárodní stavební veletrh



Mezinárodní veletrh technických zařízení



Fórum investičních příležitostí

Technologie a zařízení pro města a obce

• symposium

Metropolitan Habitats and Infrastructure

22. – 24. září 2004

Šanghaj

V nejvýstavnějším čínském městě Šanghaji uspořádá koncem léta příštího roku mezinárodní inženýrská organizace IABSE symposium, které nepochybně přitáhne odborníky z celého světa. Toto město bylo vybráno ze dvou důvodů – téma je aktuální a šestnáctimilionová Šanghaj má pověst atraktivního, a přitom nejrychleji se rozvíjejícího města na světě. Kromě jiného zde byl nedávno uveden do provozu první magnetický vlak spojující letiště Pudong s městem, ve výstavbě je obloukový most Lupu s rekordním rozpětím 550 m a staví se zde nejvyšší budova světa World Finance Center s výškou 492 m, buduje nový přístav Yangshan atd. Tím je postaráno i o cíle doprovodných exkurzí.

Tradiční symposium IABSE, kterému předchází výroční zasedání této mezinárodní inženýrské organizace ve dnech 19. – 21.9., se koná za spolupřátelství čínské skupiny IABSE, čínského svazu inženýrů a University Tongji. Místem konání je Jin Jiang Hotel ve středu města.

Hlavním tématem symposia jsou stavby pro bydlení a infrastruktura v moderním velkoměstě. Pozornost bude věnována též souladu mezi životním prostředím a lidským konáním tak, aby nové konstrukce co nejlépe sloužily i budoucím potřebám společnosti.



Témata:

- plánování a rozvoj
- výstavba a materiály
- návrh a projektování
- údržba, provoz a životnost

Symposium je určeno stavebním inženýrům ze všech oblastí, architektům, výzkumným pracovníkům a ostatním odborníkům spojeným se stavebnictvím. Pořadatelé mají zájem, aby se zúčastnilo co nejvíce mladých inženýrů, pro něž je zaměření symposia nadmíru vhodné. Účastníci narození v roce 1969 a později budou proto platit jen redukovaný konferenční poplatek a budou-li prezentovat vlastní příspěvek, bude jim vložné zcela odpuštěno, a navíc se jim v předběžném oznámení slibuje grant na pokrytí výloh s ubytováním.

Abstrakty příspěvků nebo posterů v rozsahu do 200 až 300 slov napsané anglicky lze elektronicky

zaslat na adresu secretariat@iabse2004.org.cn do 30.6.2003. Přijetí příspěvku pořadatelem bude potvrzeno do 31.10.2003. Plné znění přijatého příspěvku se očekává do 29.2.2004. Přihlášky lze získat na www.iabse2004.org.cn nebo u předsedy české Národní skupiny IABSE, který je autorem tohoto oznámení.

J. Studnička

• veletrhy

Mezinárodní veletrh strojů pro stavební a zemní práce Intermat, pořádaný jednou za tři roky, proběhne v polovině května na severním výstavišti Villepinte v Paříži. Na celkové výstavní ploše 320 tis. m² konstruktéři, výrobci, dovozcí a pronajímatelé předvedou a nabídnou stroje a techniku pro stavební práce. Pozornost návštěvníků se může zaměřit i na způsoby likvidace znečištění, bezpečnost na staveništi, techniku pro obce a města, informatiku, telekomunikace, služby, vzdělávání a financování.

Výstavba silnic zaujímá stále významnější místo ve veřejných stavebních pracích ve světě. Veletrh Intermat vyčleňuje tomuto sektoru haly 3 a 4. Představeny zde budou stroje pro výstavbu a údržbu silnic, silniční značení a řízení dopravy, materiály pro výrobu silničních povrchů, inženýrství, služby. Přímou uprostřed haly 4 bude vytvořen zvláštní prostor pro konference. Přednášky organizují vystavovatelé ve spolupráci s dalšími odborníky, např. Ministerstvem technického vybavení, CFTR, IRF, LCPC, MTPS, SEIMAT, SETRA, USIRF.

INTERMAT

13. – 17. května 2003

Paříž

Sekce:

- značení, výpočetní technika a NTIC
- recyklace za studena
- recyklace za tepla
- správa a údržba silnic
- inteligentní silnice a vztah silnice–uživatel

Z České republiky se jako přímí vystavovatelé veletrhu zúčastní Stavostroj a Mitas, ze Slovenska pak CSM Tisovec a Way Industry.

**Informace: Active Communication, Anglická 28,
120 00 Praha, tel.: 222 518 587, active@telecom.cz,
www.intermat.fr**

• zprávy

Interiéry západního a středního křídla Nového paláce na Pražském hradě dostaly novou podobu

Rekonstrukce probíhala během čtyř měsíců loňského léta. V plném nasazení zde pracovalo až 80 lidí ze společnosti Skanska CZ, Divize Pozemní stavitelství Čechy. Hodnota stavebních prací dosáhla téměř 80 mil. Kč.

V první etapě šlo o rekonstrukci a adaptaci části prostor v západním křídle navazujících na Plečnikovu síň a Rothmayerův sál. Vstup do Plečnikovy síně z průchodu mezi prvním a druhým nádvořím je hlavním vstupem do reprezentativního Španělského sálu, kde se koná řada společenských akcí. Aby bylo možné zvětšit kapacitu šaten a zmodernizovat sociální zařízení, byl pod monolitickým schodištěm ze sedmdesátých let vytvořen průchod. Podpůrné stěny byly postupně odřezány a nahrazeny nosnými sloupy. Došlo i k přemístění technických místností a vybudování nových rozvodů technologií.

Druhá část stavby zahrnovala rekonstrukci zázemí Rudolfovy a Nové galerie, zázemí kuchyně, úpravy Široké chodby a vybudování nového vstupu do středního křídla. Dominantou vstupu do středního křídla tvoří dnes venkovní předsažené schodiště obložené červenou žulou. Je provedeno tak, aby ladilo se dvěma stávajícími vstupy ze druhého nádvoří na schodiště do obrazárny a na schodiště z tzv.



Šípkova vstupu vedle Kaple sv. Kříže. Nové dveře vznikly na místě původního okna vedoucího do zázemí kuchyně. Tyto prostory s překrásnými původními klenbami a omítkami, které dřív nebyly veřejnosti přístupné, budou nově sloužit jako vstupní hala se šatnami. K nim ještě přibýlo nové sociální zařízení v prvním a druhém podlaží.

V přízemí i v patře došlo k dispozičnímu přesunutí a novému uspořádání gastronomického provozu a jeho zázemí. Kuchyně prošla zevrubnou rekonstrukcí a modernizací včetně vybavení. Vybudovány byly také přístupové cesty a sociální zázemí pro obsluhující personál. Za přísného dohledu památkářů byl rozšířen průchod Románskou hradbou a vytvořeno nové reprezentativní schodiště spojující první podlaží a Širokou chodbu. Zde se stavební úpravy týkaly vchodových dveří. Troje původní dvoukřídlé dveře byly nahrazeny skleněnými, zasazenými do zlatého rámu. Změny se dočkaly i další dveře spojující Širokou chodbu a reprezentativní prostory jižního křídla. Podle návrhu architekta Šípka byly zhotoveny a instalovány i další dekorace (skleněné plastiky, vázy, závěsy), které dávají interiéru Široké chodby nový vzhled a styl.

Tisková informace

• recenze

Valtinat, G.

Aluminium im Konstruktiven Ingenieurbau

Ernst & Sohn, A Wiley Company, 2003, 171 s., cena 55 €, ISBN 3-433-01784-0

Autorom je profesor z TU Hamburg-Harburg, mezinárodně uznávaný odborník specializovaný na hliníkové zliatiny a spoje kovových konstrukcí. Kniha pozostává ze sedmich kapitol s názvy: Úvod, Materiály, Základy výpočtu a overovania, Časti konštrukcie, Lokálne vydúvanie a vydúvanie stien, Spoje, Konštrukčné zásady. Príloha sa zaoberá nelineárnymi závislosťami moment–krivosť a plastickými momentmi nezváraných a zváraných hliníkových profilov. Zoznam literatúry obsahuje 61 položiek. Aplikovateľné sú postupy predpisov nemeckej normy DIN 4113 a predbežnej európskej normy ENV–Eurokódu 9 Navrhovanie hliníkových konštrukcií. Návrh, výpočet a konštruovanie nosných konštrukcií z hliníkových zliatin prislúcha iba skúseným inžinierom s dokonalými znalosťami týchto materiálov. Rovnako výroba, pracovné postupy, doprava a montáž si vyžadujú použitie osobitných prístupov.

S ohľadom na uvedené je treba vydanie recenzovanej publikácie privítať, i keď jej obsah je mierne poznačený nasle-

dovnými skutočnosťami:

a) najnovšie vydania častí nemeckej normy DIN 4113-1 Nezvárané hliníkové konštrukcie a DIN 4113-2 Zvárané hliníkové konštrukcie mali byť vydané koncom roka 2002, pričom sa rozhodlo, že polopravdepodobnostná koncepcia spoľahlivosti sa, s ohľadom na očakávané skoré vydanie EN 1999, v nemeckých normách nepoužije. Predchádzajúce vydania častí normy DIN 4113 sú z roku 1980, pričom druhá časť zostala po celý čas až do dnešných dní iba v štádiu návrhu. Výroba a zhotovovanie konštrukcií z hliníkových zliatin má byť obsahom časti DIN 4113-3;

b) predbežná európska norma ENV 1999 je v súčasnosti v štádiu transformácie na EN 1999;

c) britská norma BS 8118 P1 a P2 z r.1991 a americké normy AA P1 (ASD), a P2 (LRFD) z roku 1994 nie sú v tejto knihe použité.

Publikáciu možno odporučiť praktickým inžinierom ako aj univerzitám.

prof. Ing. Ivan Baláž, PhD.

● soutěž

Nový domov roku 2001

Účelem a posláním neanonymní jednokolové soutěže vyhlášené Ministerstvem pro místní rozvoj ČR bylo podpořit všechny formy kvalitní architektury pro bydlení, ocenit a popularizovat kvalitní realizace obytných budov. Soutěže se mohli zúčastnit jak architekti, tak projektanti či dodavatelé nebo developeři v kategoriích:

- novostavba bytového domu (Grand Prix „Startovní byty Třeboň“ – Ing. arch. Martina Buřičová, Ing. arch. Lukáš Holub, Ing. arch. Lubor Sladký, S.H.S architekti, s. r. o.),



- rekonstrukce obytné nebo jiné budovy pro bydlení (Grand Prix „Rekonstrukce a dostavba řadového domu v Praze-Letňanech“ – Ing. arch. Lubor Sladký, S.H.K. architekti, s. r. o.; Zvláštní cena Ministerstva pro místní rozvoj „Rekonstrukce panelového domu v Hradci Králové“ – Ing. arch. Zdeněk Hanuš, ARKO spol. s r. o.)



- dům s pečovatelskou službou (Grand Prix „Staroměstská, České Budějovice“ – Ing. arch. P. Bouřil, J. Hlásek, V. Máslo, J. Mužík, A. Holubec, ABM – architekti, s. r. o.).



- novostavba rodinného domu (Grand Prix „Vila v Čerčanech“ – Ing. arch. Jíří Smolík a Ing. arch. Zdeněk Rychtařík, VYŠEHRAD)



Předmětem byly stavby realizované na území ČR a kolaudované v průběhu roku 2001. Přihlášeno bylo 35 staveb z téměř všech krajů, přičemž nejvíce jich bylo v kategorii novostavba bytového domu). Vítězné návrhy mohou zájemci shlédnout na internetové adrese www.estav.cz.

Tisková informace

Technický slovník naučný

3. svazek (G-J)

Encyklopedický dům, Praha 2002, 392 stran, 410 Kč

Na sklonku roku 2002 vyšel již třetí svazek Technického slovníku naučného, zahrnující písmena G až J. Nakladatelství tak dodržuje půlroční intervaly, ve kterých slíbilo přivádět toto rozsáhlé dílo na trh. Pro členy Společnosti přátel Technického slovníku naučného nabízí výrazné cenové zvýhodnění.

Slovník je určen zájemcům o rychlou a kvalitní informaci ze všech oblastí techniky, důraz je kladen na novinky, ale je uváděna i historie jednotlivých oborů a průkopnických technických objevů. Stejně jako oba předchozí svazky je kniha doplněna řadou obsahově významných ilustrací a barevnou přílohou.

www.encyklopedie.cz

STAVEBNÍ OBZOR

ROČNÍK 12 ČÍSLO 4/2003

Navigace v dokumentu

OBSAH

Witzany, J. – Čejka, T. – Zigler, R. Vliv vlhkosti na fyzikálně mechanické vlastnosti porézních stavebních materiálů a na únosnost zdiva	97
Lenner, R. – Jachan, J. – Ehrenberger, J. – Polák, M. – Rotter, T. – Studnička, J. Lávka v Mladé Boleslavi	105
Studničková, M. Kmitání lávek pro chodce	112
Valenta, R. – Šejnoha, J. – Šejnoha, M. Transformace funkce dotvarování na relaxační funkci	116
Teplý, B. O vzdělávání v teorii spolehlivosti stavebních konstrukcí a pravděpodobnostních přístupech	119
Tydlitát, V. – Kunca, A. – Drchalová, J. – Černý, R. – Rovnaníková, P. Tepelné a vlhkostní vlastnosti vápenné omítky s přísadou metakaolinu	122

4 • 2003

ročník 12

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**CONTENTS****INHALT**

Witzany, J. – Čejka, T. – Zigler, R.
**Vliv vlhkosti
 na fyzikálně
 mechanické
 vlastnosti porézních
 stavebních materiálů
 a na únosnost zdiva 97**

Witzany, J. – Čejka, T. – Zigler, R.
**The Effect of Moisture
 on Physical and Mechanical
 Properties of Porous
 Construction Materials and
 the Load-Bearing
 Capacity of Masonry 97**

Witzany, J. – Čejka, T. – Zigler, R.
**Der Einfluss von Feuchtigkeit
 auf die physikalisch-
 -mechanischen Eigenschaften
 von Baustoffen
 und die Tragfähigkeit
 von Mauerwerk 97**

Lenner, R. – Jachan, J. –
 Ehrenberger, J. – Polák, M. –
 Rotter, T. – Studnička, J.
**Lávka
 v Mladé Boleslavi 105**

Lenner, R. – Jachan, J. –
 Ehrenberger, J. – Polák, M. –
 Rotter, T. – Studnička, J.
**Footbridge
 in Mladá Boleslav 105**

Lenner, R. – Jachan, J. –
 Ehrenberger, J. – Polák, M. –
 Rotter, T. – Studnička, J.
**Fußgängerbrücke
 in Mladá Boleslav 105**

Studničková, M.
**Kmitání lávek
 pro chodce 112**

Studničková, M.
**Vibrations
 of Footbridges 112**

Studničková, M.
**Schwingungen von
 Fußgängerbrücken 112**

Valenta, R. – Šejnoha, J. – Šejnoha, M.
**Transformace funkce
 dotvarování
 na relaxační funkci 116**

Valenta, R. – Šejnoha, J. – Šejnoha, M.
**Transformation of the Creep
 Function into the Relaxation
 Function 116**

Valenta, R. – Šejnoha, J. – Šejnoha, M.
**Umformung der
 Relaxationsfunktion aus der
 Kriechfunktion 116**

Teplý, B.
**O vzdělávání
 v teorii spolehlivosti
 stavebních konstrukcí
 a pravděpodobnostních
 přístupech 119**

Teplý, B.
**On Instruction in the Theory
 of Reliability
 of Building Structures
 and Probability
 Approaches 119**

Teplý, B.
**Über die Ausbildung in der
 Theorie der Zuverlässigkeit
 von Baukonstruktionen
 und der Wahrscheinlich-
 keitseinstellung 119**

Tydlitát, V. – Kunca, A. – Drchalová, J.
 – Černý, R. – Rovnaníková, P.
**Tepelné a vlhkostní
 vlastnosti
 vápenné omítky
 s přísadou metakaolinu . . 122**

Tydlitát, V. – Kunca, A. – Drchalová, J.
 – Černý, R. – Rovnaníková, P.
**Thermal and Hygric
 Properties of Lime
 Plaster with Metakaolin
 Admixture 122**

Tydlitát, V. – Kunca, A. – Drchalová, J.
 – Černý, R. – Rovnaníková, P.
**Thermische und
 Feuchtigkeitseigenschaften
 von Kalkputz mit
 Metakaolin-Zusatz 122**

REDAKČNÍ RADA**Předseda:**

prof. Ing. Jiří STUDNIČKA, DrSc.

Místopředseda:

doc. Ing. Alois MATERNA, CSc.

Tajemníci:

doc. Ing. Milan KAŠPAR, CSc.

doc. Ing. Jindřich ŠMEJČKÝ, CSc.

Členové:

Ing. Miroslav BAJER, CSc.

doc. Ing. Pavel HÁNEK, CSc.

Ing. Jiří HIRŠ

Ing. Ivan HRDINA

doc. Ing. Vladimír JELÍNEK, CSc.

Ing. Miroslav JEŽEK, CSc.

doc. Ing. Miroslav KAUN, 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.

prof. Ing. Adolf PATERA, DrSc.

doc. Ing. Miloslav PAVLÍK, CSc.

prof. Ing. J. PROCHÁZKA, CSc.

doc. Ing. Vlastimil STARÁ, CSc.

Ing. Karel SVOBODA

doc. Ing. Jiří VÁŠKA, 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 zaplace-
 něného předplatného. Inzerce adresujte redakci. Tech-
 nická redakce a realizace: Ing. Milan Gattringer. Po-
 dávaní novinových zásilek povoleno Ředitelstvím
 pošt Praha, č. j. NP 144/1994, ze dne 21. 10. 1994. Do
 tisku 3. 3. 2003. Nevyžádané rukopisy se nevracejí.

INDEX 47 755, ISSN 1210-4027

Vliv vlhkosti na fyzikálně mechanické vlastnosti porézních stavebních materiálů a na únosnost zdíva

prof. Ing. Jiří WITZANY, DrSc.
Ing. Tomáš ČEJKA, PhD.
Ing. Radek ZIGLER
ČVUT – Fakulta stavební
Praha

Vlhkost svým všestranným působením na stavební látky a konstrukce je fenomén, který se rozhodujícím způsobem podílí na degradačních procesech a stárnutí materiálů. Působí na stavební hmoty důsledněji než teplota – způsobuje objemové a tvarové změny, změny fyzikálních a mechanických vlastností a u mnohých látek má za následek i chemické změny a reakce ve struktuře hmoty. Všechny tyto jevy vzájemně souvisejí. Objemové změny vyvolané vlhkostí jsou srovnatelné, a někdy i převyšují objemové změny způsobené běžným teplotním zatížením konstrukcí.

Většina stavebních materiálů jsou porézní hmoty, jejichž vlastnosti značně ovlivňuje vlhkost obsažená v pórech. Některé materiály, jako např. kovy, sklo, jsou velmi kompaktní a vliv vlhkosti na jejich vlastnosti není tak výrazný.

Na rozdíl od teploty má vlhkost hmotnou bázi. Šíří se systémem pórů stavebních látek jednak ve formě páry a jednak ve formě kapaliny. Pro tento jev je souhrnný název **transport vlhkosti**. Pro transport páry obvykle aplikujeme mechanismy difúze, pro transport kapaliny kapilární vedení. S výjimkou podzemních částí staveb jsou rozhodující pro transport vlhkosti mechanismy difúze vodních par.

Vlhkost ovlivňuje nejen fyzikální vlastnosti, např. tepelnou vodivost, objemovou hmotnost, ale i mechanické vlastnosti stavebních materiálů. Zpravidla se předpokládá, že s rostoucí vlhkostí stavebního materiálu klesá jeho pevnost v tlaku. Podle normy [1] se cihlářské výrobky zkoušejí buď vysušené na konstantní vlhkost, nebo nasáknuté [2]. Poměr mezi pevností v nasáklém a vysušeném stavu se označuje jako **změknutí**. Podle [3] je výpočtová pevnost zdíva s vlhkostí 20 % menší o 20 % v porovnání s výpočtovou pevností zdíva s vlhkostí 5 %.

Vliv na mechanické vlastnosti

Výzkum vybraných stavebních materiálů, tj. vzorků plných cihel (P 30 a P 15), vápenopískových cihel, pískovce z různých lokalit (Božanov, Hořice v Podkrkonoší) a různé zrnitosti (jemnozrnného, hrubozrnného), opuky (Přední Kopanina) a pórobetonu, pro ověření vlivu vlhkosti na mechanické vlastnosti porézních stavebních materiálů – modul pružnosti E a pevnost v tlaku R_{uc} – probíhal na Katedře kon-

strukcí pozemních staveb Fakulty stavební ČVUT. Výška válcových vzorků \varnothing 35 mm (50 mm z cihel, 70 mm z ostatních materiálů) byla stanovena tak, aby stíhlostní poměr byl 2 nebo se mu co nejvíce blížil (u cihelných materiálů dosahuje zhruba 1,5). Jednotný průměr umožnil zhotovení potřebného počtu vzorků z jednoho kusu materiálu pro zkoušky s rozdílným nasycením při zajištění shodných parametrů (hutnost, pórový systém atd.). Po dosažení požadované vlhkosti (v rozsahu od 0 do 100 %) se zkoušela pevnost v tlaku R_{uc} a Youngův modul pružnosti E [5].

Pevnost se zjišťovala plynulým zatěžováním až do úplného porušení vzorku. Modul pružnosti v tlaku se měřil přístrojem ke zkoušení pevnosti s nastavcem se snímačem síly v tlaku a zařízením pro měření délkových změn. Byl určen z pracovního diagramu sledovaného materiálu zjištěného postupným zatěžováním zkušebního válce při měření postupných deformací.

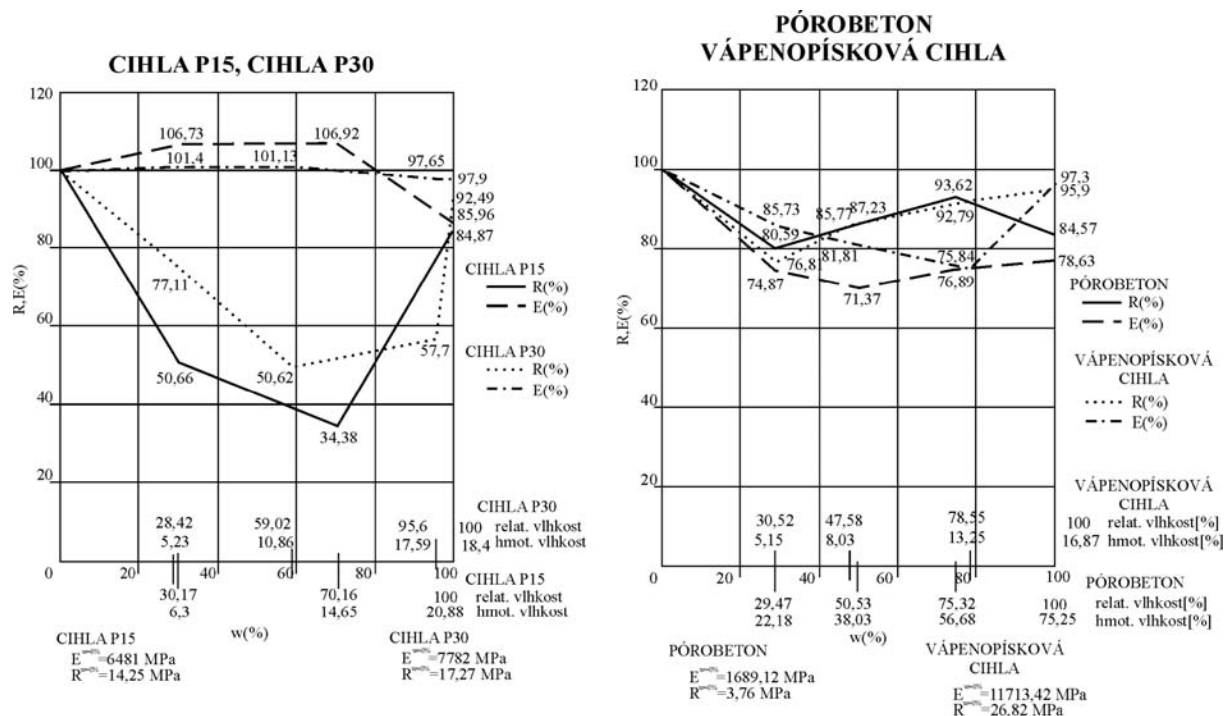
Statisticky vyhodnocené soubory výsledků ověřovacích zkoušek (tab. 1) vlivu vlhkosti w na modul pružnosti E a pevnost R cihly, pískovce a opuky, vápenopískové cihly a pórobetonu (závislosti $E \times w$ a $R \times w$) jsou zřejmé z obr. 1 a obr. 2.

Zkoušky prokázaly významný vliv vlhkosti w na modul pružnosti E a pevnost R_{uc} , přičemž byla zjištěna relativní hodnota:

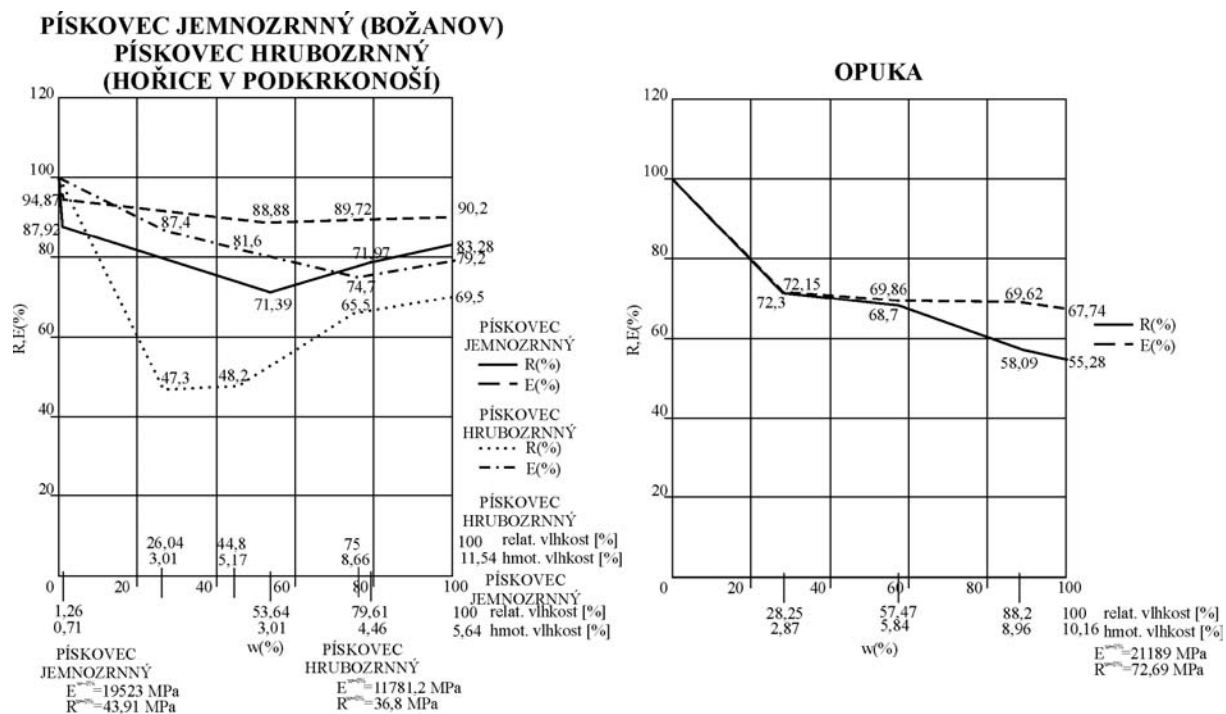
- modulu pružnosti E plných cihel P 30 (P 15) mezi 101,13 (106,92) až 97,65 % (85,96 %) pro index nasycenosti 0 až 20 % hmot.;
- pevnosti R_{uc} plných cihel P 30 (P 15) mezi 100 (100) až 50,62 % (34,38 %) pro index nasycenosti 0 až 20 % hmot.;
- modulu pružnosti E pískovce z Božanova (z Hořic) mezi 100 (100) až 88,88 % (74,7 %) pro index nasycenosti 0 až 6 % hmot.;

Tab. 1. Přehled zkoušených vzorků

Materiál	Počet vzorků
vápenopísková cihla	80
pórobeto	70
jemnozrnný pískovec	50
hrubozrnný pískovec	50
opuka	50
P 15	78
P 30	68
+ dalších 100 vzorků na kalibraci a nastavení měřicích rozsahů	



Obr. 1. Vliv vlhkosti na modul pružnosti a pevnost cihel P 15 a P 30, pórobetonu P 600 a vápenopískové cihly



Obr. 2. Vliv vlhkosti na modul pružnosti a pevnost opuky, jemnozrnného a hrubozrnného pískovce

- pevnosti R_{uc} pískovce z Božanova (z Hořic) mezi 100 (100) až 71,39 % (47,3 %) pro index nasycenosti 0 až 6 % hmot.;
- modulu pružnosti E opuky z Přední Kopaniny mezi 100 až 67,74 % pro index nasycenosti 0 až 9 % hmot.;
- pevnosti R_{uc} opuky z Přední Kopaniny mezi 100 až 5,28 % pro index nasycenosti 0 až 9,24 % hmot.;
- modulu pružnosti E vápenopískové cihly mezi 100 až 75,84 % pro index nasycenosti 0 až 16,5 % hmot.;

- pevnosti v tlaku R_{uc} u cihel vápenopískových mezi 100 až 76,81 % pro index nasycenosti 0 až 16,5 % hmot.;
- modulu pružnosti E pórobetonu mezi 100 až 71,37 % pro index nasycenosti 0 až 78,38 % hmot.;
- pevnosti v tlaku R_{uc} u pórobetonu mezi 100 až 80,59 % pro index nasycenosti 0 až 78,38 % hmot.

Poznámka: Relativní pevnost v tlaku R_{uc} a modul pružnosti E 100 % odpovídá vlhkosti $w = 0$ %.

Analýza vlivu pórovitosti na pevnost v tlaku a modul pružnosti při různém nasycení

Průběh sledovaných závislostí $R \times w$, popř. $E \times w$, ovlivňuje celkový objem, rozložení a podíl jednotlivých pórů ve vyšetřovaných materiálech:

- **cihla P 15** má větší množství pórů v rozmezí 0,001–0,100 μm než **cihla P 30**, póry velikosti 0,1 až 9,0 μm se častěji vyskytují u cihel P 30 než P 15;

- křivka porozimetrie **jemnozrného pískovce** je podobná jako u cihel P 15 a P 30. Největší množství pórů je poloměru 0,1–9,0 μm , množství pórů velikosti 0,001–0,100 μm je téměř shodné s množstvím poloměru 10–100 μm ;

- u **hrubozrného pískovce** mají největší zastoupení póry poloměru 10–100 μm (přibližně 60 %, zjištěno rtuťovou porozimetrií). Pórů velikosti 0,001–0,100 μm je přibližně stejně jako u cihly P 15, množství poloměru 0,1–9,0 μm je přibližně třetinové v porovnání s jemnozrným pískovcem i cihlou P 15 a P 30;

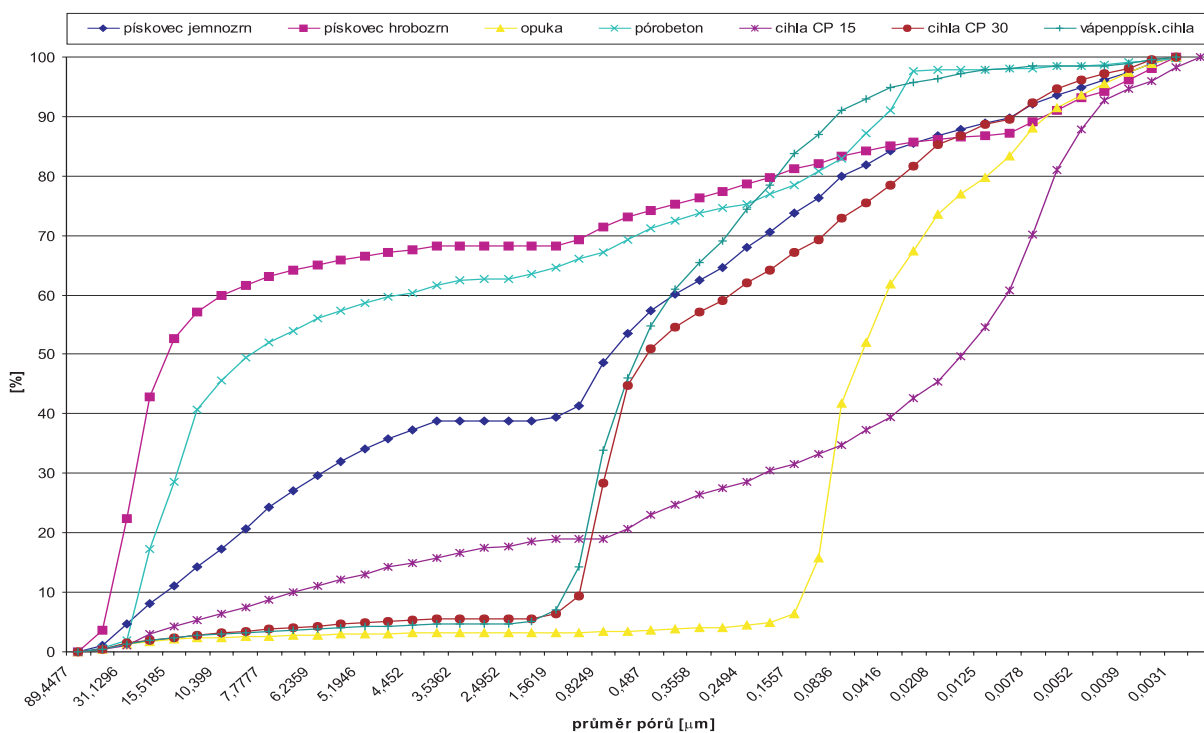
- **vápenopísková cihla** má podobné rozložení pórů jako cihly P 15 a P 30. Na rozdíl od nich je jich však nejvíce poloměru 0,001–0,100 μm (přibližně 60 %, zjištěno rtuťovou porozimetrií). V rozmezí 0,1–9,0 μm se vyskytuje okolo 30 % pórů, zbývajících přibližně 10 % je rovnoměrně rozložených v intervalu 10–100 μm ;

- **pórobeton** má zhruba rovnoměrné rozložení pórů po všech částech spektra rozměrů pórů;

- **opuka** má nejvíce pórů do velikosti 1 μm . Póry s větším poloměrem se u tohoto materiálu téměř nevyskytují.

V tabulce 2 a na obrázku 4 jsou uvedeny výsledky distribuce pórů získané rtuťovou porozimetrií. V obrázku 5 jsou na sloupcových grafech znázorněny získané závislosti modulu pružnosti E pevnosti v tlaku R_{uc} na stupni nasycení w . Na obrázku 3 jsou znázorněny křivky distribuce pórů ve zkoušených materiálech, na obr. 4 jsou vzájemně porovnány sloupcové grafy rozložení pórů a na obr. 5 znázorněny závislosti experimentálně získaných hodnot [MPa] pevnosti v tlaku R_{uc} a modulu pružnosti E na stupni nasycení pórů.

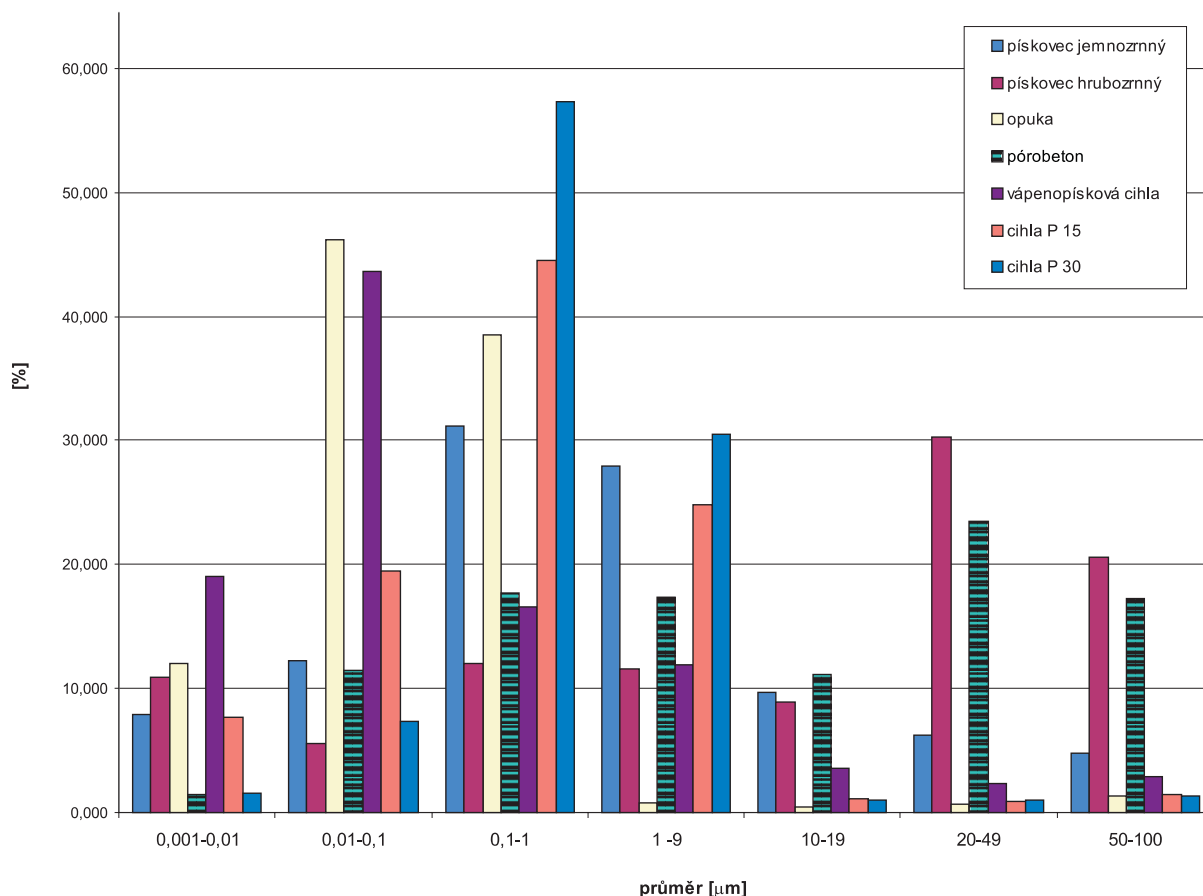
Společným znakem všech zkoumaných materiálů je pokles pevnosti R_{uc} a modulu pružnosti E při 100% nasycení. U opuky se zvyšováním nasycení postupně klesá modul pružnosti, a zejména pevnost, která dosahuje výrazně nejnižší hodnoty při 100% nasycení pórů. V ostatních případech je nejnižší pevnosti v tlaku R dosaženo při 30 až 70% nasycení pórů. Pokles pevnosti v tlaku R_{uc} cihly P 15 a P 30 je, na rozdíl od ostatních sledovaných materiálů, provázen mírným růstem modulu pružnosti E a při 60 až 100% nasycení výrazně vzrůstá pevnost materiálu.



Obr. 3. Integrální křivky porozimetrie zkoušených materiálů

Tab. 2. Distribuce pórů vyšetřovaných materiálů [%]

Materiál	Poloměr [μm]						
	0,001-0,010	0,01-0,10	0,1-1,0	1-9	10-19	20-49	50-100
pískovec jemnozrný	7,914	12,205	31,163	27,982	9,681	6,273	4,784
pískovec hrubozrný	10,937	5,588	12,014	11,629	8,954	30,282	20,596
opuka	12,025	46,145	38,502	0,807	0,484	0,662	1,376
pórobeton	1,404	11,483	17,747	17,413	11,162	23,497	17,295
vápenopísková cihla	19,011	43,667	16,624	11,871	3,574	2,351	2,902
cihla P 15	7,679	19,456	44,545	24,813	1,121	0,946	1,440
cihla P 30	1,527	7,358	57,307	30,509	0,966	1,024	1,309



Obr. 4. Zastoupení pórů zkoušených materiálů

Analýza vlivu nasycení pórů na pevnost v tlaku R a modul pružnosti E musí zahrnovat i „naplněnost“ velikostí pórů jednotlivých materiálů v závislosti na hodnotě w , která souvisí s rozložením, velikostí, tvarem a charakterem pórového systému, a otázkou přenosu zatížení a šíření deformace v „pevné kostře“ porézního materiálu (vytlačování vody z naplněných pórů do nenaplněných, vliv vody v naplněných pórech na příčné napětí a deformace) včetně vlivu pevnosti v tahu R_{ut} a poměru R_{uc}/R_{ut} . Podrobnější a výstižnější závěry vlivu vlhkosti (nasycení pórů), distribuce a charakteru pórů, mechanismů transportu vlhkosti v kapalně fázi v pórovém systému, vlivu distribuce kapalně fáze v pórovém systému v závislosti na stupni nasycení, popř. vlivu dodatečných chemických reakcí, bude možné formulovat po další sérii zkoušek v rámci výzkumu [4]. Matematické modelování vzájemné interakce pevné a kapalně fáze porézního materiálu při namáhání tlakem může poskytnout teoretické podklady pro zdůvodnění vlivu vlhkosti na mechanické vlastnosti porézních látek.

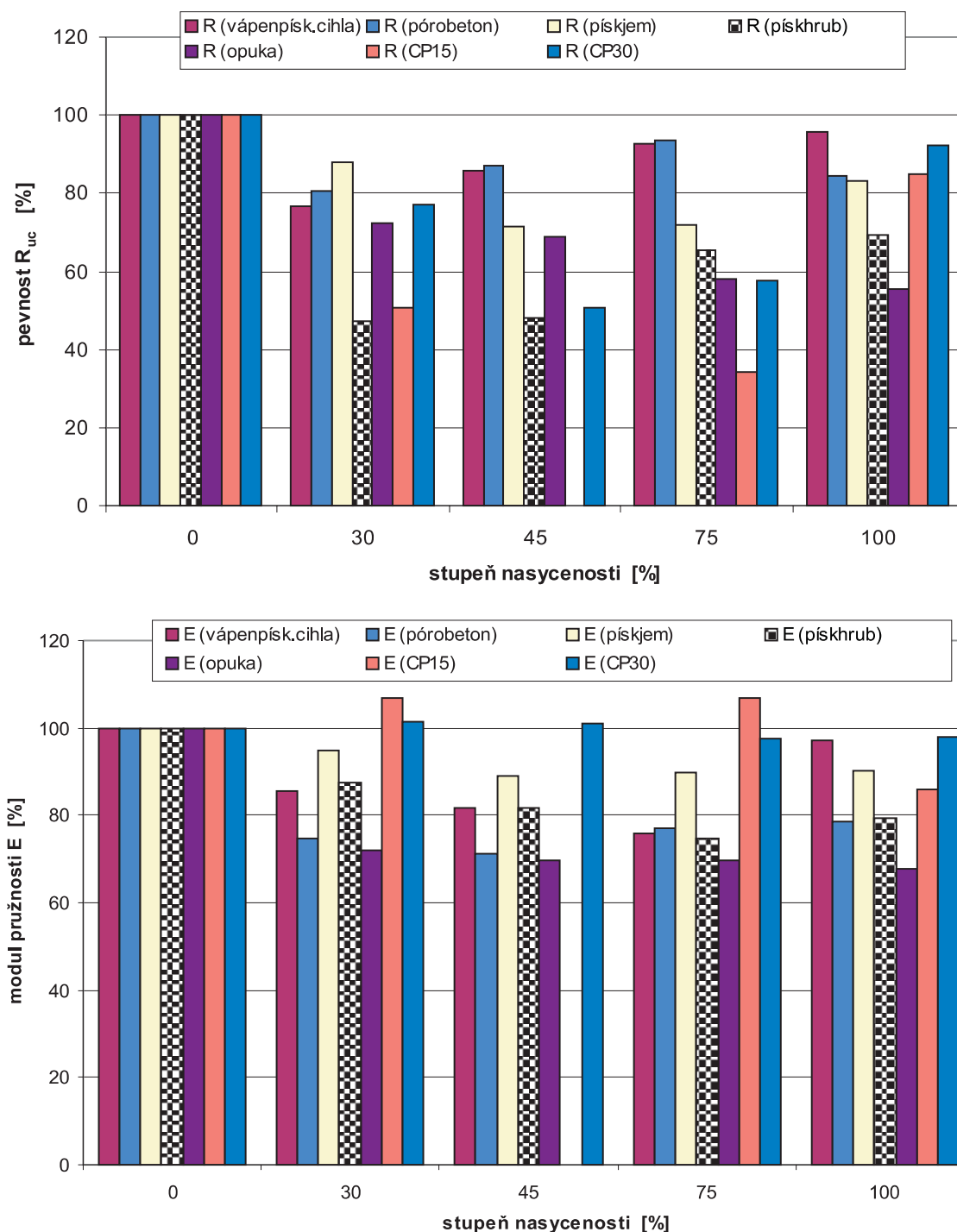
Vliv změny mechanických vlastností kusového staviva na napjatost tlačného zděného pilíře

Z hlediska stavební praxe, především z hlediska požadavku mechanické odolnosti a stability, je důležité posouzení statické způsobilosti zejména nosných zděných konstrukcí při zvýšené vlhkosti způsobené mimořádnými účinky (povodně, narušením potrubí apod.) nebo nedosta-

tečnou ochranou před zemní a srážkovou vodou.

Změna vlhkosti po průřezu tlačného zděného prvku (pilíře, stěny) je provázána změnou modulu pružnosti E a pevnosti R_{uc} po průřezu prvku. Změnou tuhosti $E_i U_i$ dochází k redistribuci vnitřních sil – k „přelévání“ normálových sil do částí průřezu s vyšším modulem pružnosti z částí, kde došlo k jeho snížení. Mezi částmi průřezu prvku s rozdílným modulem pružnosti E , a tudíž s tendencí k rozdílné primární deformaci, vznikají současně smykové síly zajišťující celistvost prvku a bránící jeho rozvrstvení. Překročení pevnosti zdiva ve smyku může vést ke vzniku svislých trhlin. Porušení ustáleného stavu tlačného prvku (rovnováhy vnitřních a vnějších sil) v důsledku změny v rozložení tuhostí po průřezu prvku, popř. poklesem pevnosti účinkem vlhkosti, se v případech, kdy jsou ve zděné konstrukci dostatečné rezervy v únosnosti, omezi na pouhou redistribuci vnitřních sil. V případech, kdy ve zděné konstrukci působením např. degračních procesů nejsou již dostatečné rezervy v únosnosti, může porušení ustáleného stavu účinkem změny vlhkosti w způsobit narušení celistvosti, popř. překročení jeho mezní únosnosti.

Pro ověření vlivu vlhkosti w na redistribuci normálového napětí σ v tlačném prvku byla provedena lineární numerická analýza zděného pilíře tl. 600 mm z cihel, pískovce a opuky zatíženého spojitě na horním okraji 1 kN/m' pro dva rozdílné průběhy vlhkosti po průřezu zdiva (vysychající průřez – vyšší vlhkost $w = 20\%$ se vyskytuje ve střední části prvku a směrem k okrajům klesá na $w = 0\%$, vlnoucí průřez – nižší vlhkost $w = 0\%$ se vyskytuje ve střední části prvku a směrem k okrajům stoupá na $w = 20\%$ – obr. 6). Při výpočtu byly uvažovány hodnoty modulů pružnosti E a



Obr. 5. Závislost pevnosti v tlaku R_{uc} a modulu pružnosti E na nasycení pórů (relativní hodnoty modulu pružnosti E a pevnosti v tlaku R_{uc} jsou vztaheny k hodnotám E a R při nasycení $w = 0\% \rightarrow E, R = 100\%$)

pevnosti R v závislosti na vlhkosti w zjištěné výzkumem (obr. 1, obr. 2).

Analýza prokázala, že v důsledku nerovnoměrného rozložení vlhkosti po průřezu tlačенého zděného pilíře $w \in (0\%; 20\%)$ na rozdíl od konstantního průběhu vlhkosti $w = \text{konst.}$ dochází k redistribuci normálových tlakových napětí (vztaheno k výchozímu stavu $w = \text{konst.} = 0\%$, $\sigma = \text{konst.} = 100\%$), a to ke zvýšení normálového napětí u postupně:

– vysychajícího průřezu z opuky až o 20,6 % v krajních vrstvách prvku (obr. 7);

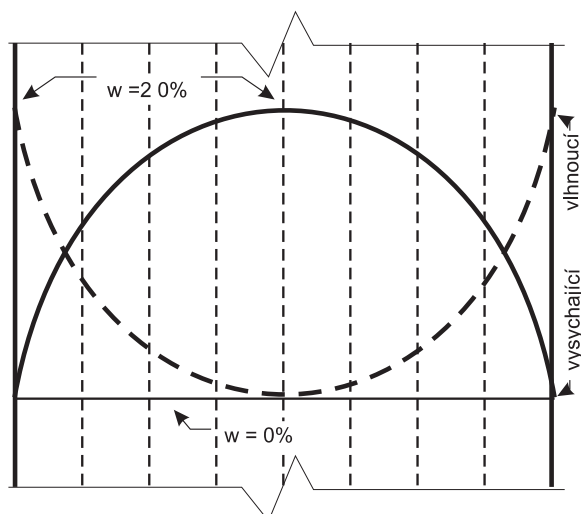
– vlhčícího průřezu z opuky až o 26,6 % ve středních vrstvách prvku (obr. 7);

– vysychajícího cihelného průřezu o 3,5 % v krajních vrstvách prvku (obr. 8);

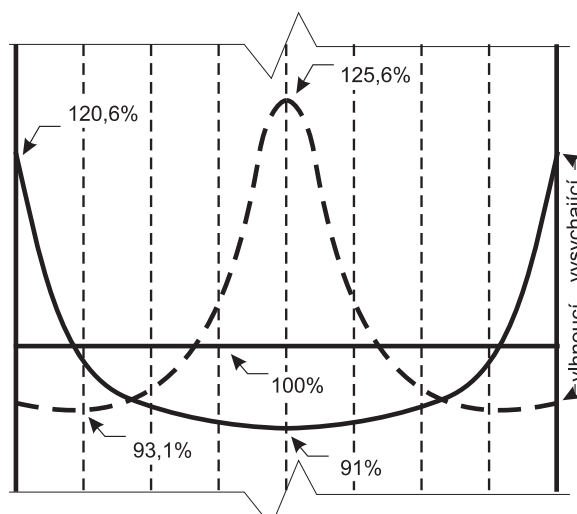
– vlhčícího cihelného průřezu o 3 % v krajních vrstvách prvku (obr. 8);

– vysychajícího průřezu z pískovce o 2,2 % v krajních vrstvách prvku (obr. 9);

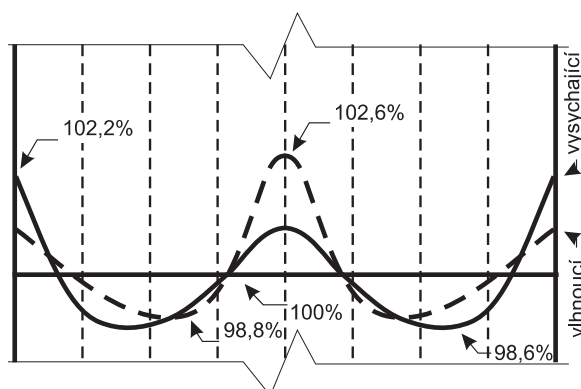
– vlhčícího průřezu z pískovce o 2,6 % ve středních vrstvách prvku (obr. 9).



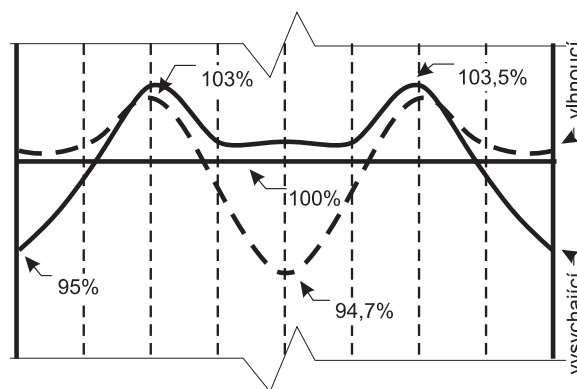
Obr. 6. Idealizované vlhkovní profily vlnoucího a vysychajícího zděného prvku



Obr. 7. Průběh normálového napětí v tlaku odpovídající idealizovanému průběhu vlhkosti po průřezu – opuka



Obr. 8. Průběh normálového napětí v tlaku odpovídající idealizovanému průběhu vlhkosti po průřezu – cihla P 15



Obr. 9. Průběh normálového napětí v tlaku odpovídající idealizovanému průběhu vlhkosti po průřezu – pískovec

Porovnání získaných výsledků s normou

Norma [3] zavádí ve vztahu pro stanovení pevnosti zdiva na základě pevnosti kusového staviva a malty vliv vlhkosti zdiva pomocí součinitele γ_{mm} (tab. 3). Při porovnávání výsledků pevnosti zdiva v tlaku R_d získaných experimentálně s výsledky podle normy byly uvažovány hodnoty součinitelů $\gamma_{in} = \gamma_{rm} = 1$, cihly pevnostní třídy P 15, malta vápeno-cementová pevnosti 1 MPa, vazba dobrá (tab. 4).

Pevnost zdiva v tlaku R_d stanovená podle [3] a získaná měření kusového staviva se shoduje při 20% vlhkosti. V ostatních případech je na základě získaných výsledků přibližně o 30 až 35 % menší (obr. 10).

Diference mezi vypočtenou a naměřenou pevností zdiva v tlaku v závislosti na vlhkosti je dána rozdílným předpokladem o průběhu závislosti $R_d \times w$ porézního materiálu v [3] a experimentálně stanovené (obr. 1, obr. 2). Jak je patrné z obr. 11, norma na rozdíl od experimentu vychází z předpokladu postupného poklesu pevnosti v tlaku porézního materiálu v závislosti na vlhkosti, který ukázal, že závislost $R_d \times w$ má v rozmezí 0 až 100% nasycení pórů proměnný, nelineární průběh charakteristický následným růstem pevnosti v tlaku při nasycení blížícím se 100 % (s výjimkou opuky).

Závěr

Výsledky výzkumu vlivu vlhkosti na mechanické vlastnosti porézních stavebních materiálů a uvedená porovnání

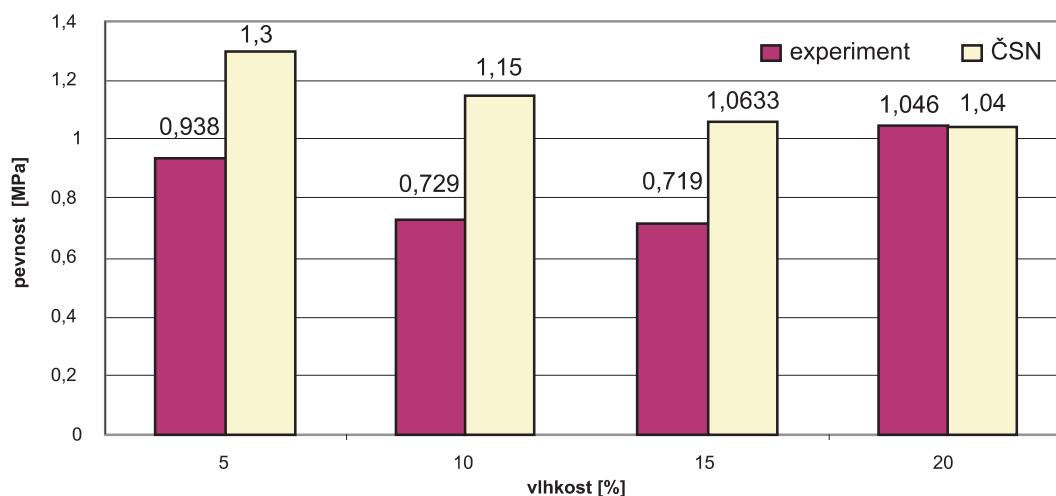
Tab. 3. Součinitel spolehlivosti γ_{mm} podle [3] v závislosti na vazbě a vlhkosti zdiva

Vazba	Součinitel spolehlivosti γ_{mm}		
	vlhkost zdiva		
	$\leq 5 \%$	$\leq 12 \%$	$\leq 20 \%$
dobrá	1,6	1,8	2,0
průměrná	1,8	2,1	2,4
špatná	2,1	2,4	2,6

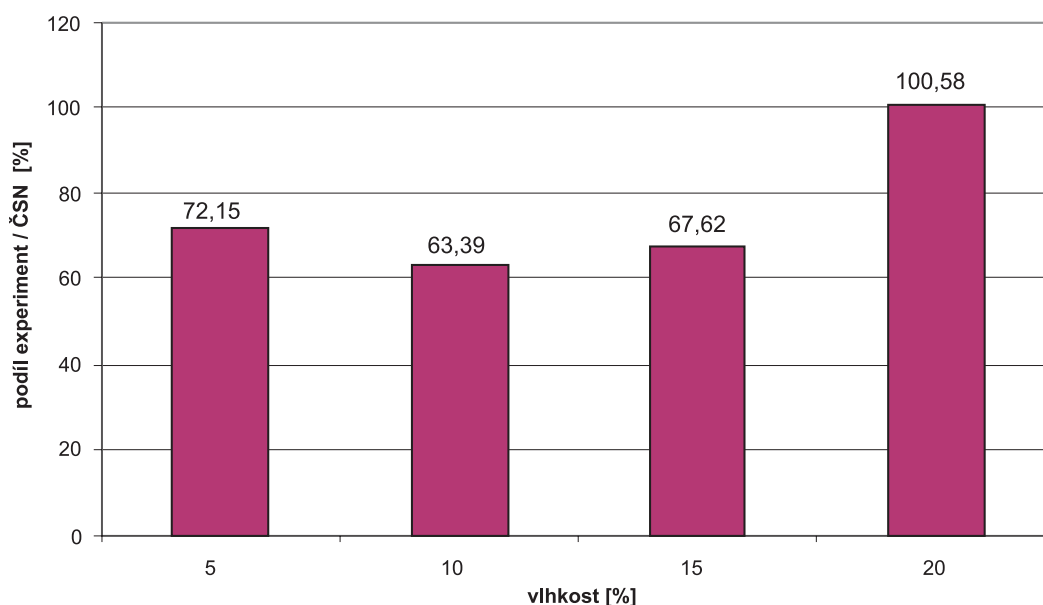
Tab. 4. Porovnání pevnosti zdiva z cihel P 15 na maltu MVC 1

Vlhkost [%]	Experiment	ČSN 73 0038
	[MPa]	
5	0,938	1,30
10	0,729	1,15
15	0,719	1,06
20	1,046	1,04

dokládají nutnost zabývat se statickou bezpečností nosných zděných konstrukcí – stěn, pilířů, kleneb, u nichž v důsledku sanačních opatření nebo mimořádných vlivů (povodně, porušení vodovodního potrubí, nedostatečné hydroizolace apod.) dochází ke změně vlhkosti po průřezu nosného zdiva. Mimořádnou pozornost vyžadují zejména nosné zděné konstrukce s malou rezervou únosnosti, s narušeným nebo ne-



Obr. 10. Porovnání pevnosti zdiva v tlaku R_d vypočtené podle [3] z experimentálně stanovené pevnosti cihel P15 v tlaku



Obr. 11. Podíl pevnosti zdiva v tlaku R_d vypočtené na základě experimentálně stanovené pevnosti v tlaku cihel P15 na pevnosti zdiva v tlaku stanovené podle [3]

kvalitním kusovým stavivem a pojivem způsobených dlouhodobým účinkem degradačních procesů vlivem zvýšené vlhkosti. Zvláštní pozornost je nutné věnovat posouzení statické způsobilosti nosného zdiva ve zděných objektech zasažených povodněmi, především pak těch, které ve stavu vysoké vlhkosti ($w > 10\%$) byly vystaveny opakovanému účinku teploty nižší než $0\text{ }^\circ\text{C}$.

V článku jsou uvedeny dílčí výsledky výzkumu vlivu vlhkosti na mechanické vlastnosti a únosnost zdiva z porézního kusového staviva prováděného v rámci a za podpory výzkumného záměru „Funkční způsobilost a optimalizace stavebních konstrukcí“ MSM 21000001.

Literatura

- [1] ČSN 72 2605 Zkoušení cihlářských výrobků, stanovení mechanických vlastností. ČSN, Praha, 1979.
- [2] ČSN 72 1165 Stanovení pevnosti v tlaku přírodního stavebního kamene. ČSN, Praha, 1984.
- [3] ČSN 73 0038 Navrhování a posuzování stavebních konstrukcí při přestavbách. ČSN, Praha, 1986.
- [4] Výzkumný záměr „Funkční způsobilost a optimalizace stavebních konstrukcí“ MSM 21000001.
- [5] Čejka, T.: Vliv vlhkosti na fyzikálně mechanické vlastnosti stavebních materiálů. [Doktorská dizertační práce], ČVUT Praha 2002.

Witzany, J. – Čejka, T. – Zigler, R.: The Effect of Moisture on Physical and Mechanical Properties of Porous Construction Materials and the Load-Bearing Capacity of Masonry

Due to its profound impact on building materials and structures, moisture is a phenomenon dramatically contributing to degradation processes and aging of materials. It affects construction materials in a more complex manner than temperature, bringing about volume and shape changes, changes in physical and mechanical properties, and chemical changes and reactions in the structure of the mass of materials. Volume changes caused by moisture are comparable, and they sometimes exceed volume changes brought about by common temperature loading of structures.

Witzany, J. – Čejka, T.– Zigler, R.: Der Einfluss von Feuchtigkeit auf die physikalisch-mechanischen Eigenschaften von Baustoffen und die Tragfähigkeit von Mauerwerk

Feuchtigkeit mit ihrer allseitigen Einwirkung auf Baustoffe und Bauteile ist ein Phänomen, das auf entscheidende Weise an den Zersetzungsprozessen und der Alterung von Materialien beteiligt ist. Sie wirkt auf Baustoffe komplexer als die Temperatur ein. Sie bewirkt Volumen- und Formveränderungen, Änderungen der physikalischen und mechanischen Eigenschaften und hat bei vielen Stoffen auch chemische Veränderungen und Reaktionen in der Materialstruktur zur Folge. Alle diese Erscheinungen hängen miteinander zusammen. Die durch Feuchtigkeit hervorgerufenen Volumenänderungen sind vergleichbar und übertreffen manchmal die durch die übliche thermische Belastung der Konstruktionen verursachten Volumenänderungen.

Stavební veletrhy zaměřeny na EU i povodně

- 13.4. Den veřejnosti
- 14.4. Den Evropské unie
- 15.4. Den veřejné a státní správy
- 16.4. Den architektury
- 17.4. Den vzdělávání



Mezinárodní stavební veletrhy v Brně patří k nejnávštěvovanějším obdobným akcím ve střední a východní Evropě. V letošním roce se již po osmé uskuteční mezinárodní stavební veletrh IBF, po čtvrté mezinárodní veletrh technických zařízení a budov SHK a po desáté veletrh pro města a obce URBIS. Nejvýznamnější událostí doprovodného programu bude Evropské stavební fórum na téma „EU – riziko nebo šance pro české stavebnictví“. Do Brna přijedou představitelé vrcholných orgánů EU i odborových svazů z členských a kandidátských zemí. Počítá se i s účastí zástupců předních evropských stavebních institucí UICB a FIEC.

Zvýrazněnými obory veletrhu IBF budou rekonstrukce a obnova stavebního fondu, stavební chemie, izolace, nátěry a malá stavební mechanizace. Tento veletrh bude zajímavý také vysokou účastí vystavovatelů stavebních strojů. Fórum investičních příležitostí bude stěžejní akcí veletrhu URBIS. Půjde o záměry rozvoje měst a obcí. Na této ucelené přehlídce sídla představí zahraničním i domácím investorům průmyslové zóny, chystanou výstavbu obytných celků, rekonstrukce městských center, plány nových rekreačních či sportovních areálů apod. Zájem o prezentaci projevil kolem čtyřiceti měst a obcí. Vzduchotechnika, klimatizace a osvětlovací systémy v budovách budou zvýrazněnými obory veletrhu SHK.



V rámci stavebních veletrhů se uskuteční 15. dubna v prostorách Kongresového centra jarní ENVIKONGRES 2003. Akce bude mít tři sekce – zvyšování odolnosti krajiny a staveb, příprava povodňových orgánů a technické prostředky ochrany před povodněmi. Součástí budou praktické ukázky, jak se chovat při povodních a jak využívat protipovodňová opatření. Pořadatelem kongresu jsou Svaz podnikatelů ve stavebnictví ČR, Česká asociace

zpracovatelů povodňových plánů a Veletrhy Brno, a. s. Doprovodnému programu bude dominovat Evropské stavební fórum. Odborníci budou jednat mimo jiné o zavádění evropských norem a dalších aspektů souvisejících s tímto tématem. Fórum se uskuteční v Rotundě pavilonu A 14. dubna. Tento den byl současně vyhlášen Dnem Evropské unie.

Na stavebních veletržích pořadatelé tradičně reagují na pomoc obcím i lidem postiženým povodněmi. Informace mohou zájemci získat v Poradenském centru, které je součástí Stavebního centra EDEN 3000. Na volné ploše za pavilonem Z se daří již pět let vytvářet „městečko“ rodinných domků, které je populární nejen u tuzemských návštěvníků.

Lávka v Mladé Boleslavi

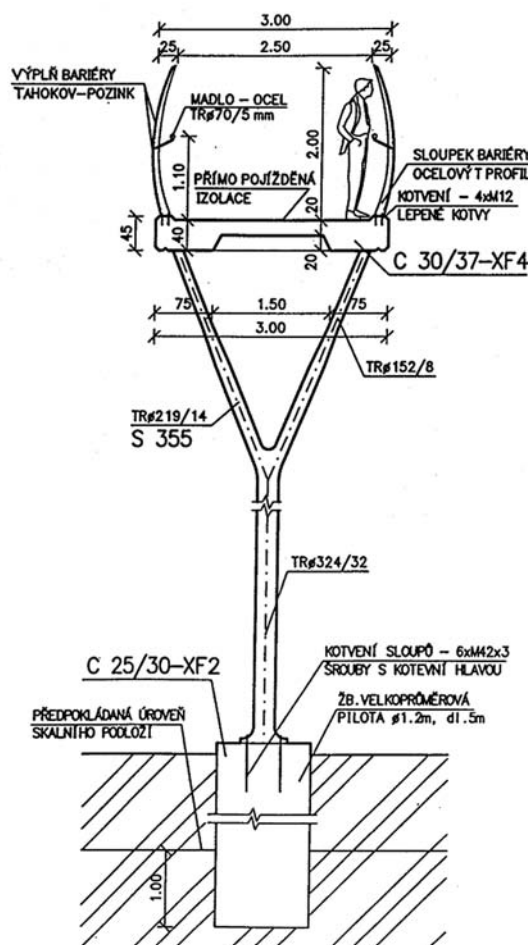
Ing. Roman LENNER
Ing. Jiří JACHAN
Ing. Jiří EHRENBARGER
VALBEK®, spol. s r. o.
Liberec

doc. Ing. Michal POLÁK, CSc.
doc. Ing. Tomáš ROTTER, CSc.
prof. Ing. Jiří STUDNIČKA, DrSc.
ČVUT – Fakulta stavební
Praha

Nová lávka pro chodce dlouhá téměř 200 m, uvedená do provozu v Mladé Boleslavi koncem minulého roku, spojuje parkoviště a areál závodu Škoda. Konstrukci tvoří betonová deska uložená na stromovitých podporách z ocelových trub. V článku se popisuje plánování, projekt, výstavba, zatěžovací zkouška a teoretické práce spojené s nezvyklými konstrukčními prvky.

Plánování

Lávka pro chodce je součástí výstavby rozlehlého parkoviště osobních automobilů u areálu ŠkodaAuto, a. s., v Mladé Boleslavi, které spojuje s výrobním závodem. Překonává trať Českých drah, vlečky a místní komunikace.



Obr. 2. Příčný řez lávkou v místě podpory

Slouží pouze pro zaměstnance a návštěvníky továrny a je vyhrazena pouze pěším, s provozem vozidel se nepočítá. Volná šířka mezi zábradlím je 2,5 m. Investorem stavby byla ŠkodaAuto, a. s.

Popis konstrukce

Hlavní nosnou konstrukci lávky tvoří spojená železobetonová deska s 11 poli celkové délky 191 m (obr. 1). V půdorysu je ze statických i vzhledových důvodů její osa vedena ve dvou protisměrných obloucích o poloměru 425 m. Podélná niveleta ve vrcholovém zakružovacím oblouku poloměru 1 194 m se pohybuje ve výšce 5 až 8 m nad upraveným terénem. Rozpětí jednotlivých polí lávky je 9,0 + 13,0 + 18,5 + 5 x 22,0 + 18,5 + 13,0 + 9,0 m.



Obr. 1. Schematický pohled na lávku

Podporami betonové desky jsou rozvětvené ocelové sloupy vetknuté do základů (obr. 2). Větve vnitřních sloupů zkracují rozpětí vnitřních polí desky na 10 m. Návštěvníci automobilky vědí, že motiv rozvětvených sloupů je použit i na halových objektech závodu a spoluvytváří image Škodovky. Železobetonová deska z betonu C30/37 je monolitická, šířky 3 m a tloušťky 0,4 m. V polích je vylehčena zmenšením tloušťky ve střední části příčného řezu.

Sloupy jsou svařeny z ocelových kruhových trubek a ocelolitinných odlitek (obr. 3). Odlitky jsou použity u patek sloupů (obr. 4), v místě rozvětvení sloupů (obr. 5) a v místě uložení betonové desky na konce ocelových větví. Dolní část sloupů u nejvíce zatížených podpor tvoří trubka Ø 324/36, horní větve jsou rovněž z kruhových trubek



Obr. 3. Stromovitá podpora

Ø 220/22, Ø 220/14 a Ø 152/8. U méně zatížených podpor jsou dimenze trubek mírně sníženy. Všechny ocelové části s tloušťkou do 30 mm jsou z oceli S355J0, tlustší prvky jsou z oceli S355J2. Protikorozní ochrana ocelové konstrukce je provedena vícevrstevným nátěrem v celkové tloušťce 240 µm. Odlitky jsou z ocelolity 42 2709.5. Sloupy jsou vetknuty pomocí kotevnicích šroubů do základu tvořeného betonovými velkopřůměrovými pilotami.

Opěry jsou železobetonové. V uložení betonové desky na opěry jsou u každé z nich umístěny dva podélné hydraulické tlumiče orientované ve směru nivelety (obr. 6). U obou opěr jsou použity jednoduché mostní závěry.

Oboustranné ocelové zábradlí výšky 1 100 mm je v místech nad železniční tratí zvýšeno na 2 000 mm. Osvětlení je umístěno v madle zábradlí. Izolace betonové desky proti vlhkosti je provedena polyuretanovým nástřikem. Odvodnění povrchu je zajištěno podélným sklonem lávky do odvodňovacích žlabů u opěr.

Projekt

Lávku vyprojektovali ve společnosti VALBEK®, spol. s r. o. – Liberec, první tři autoři článku. Tato firma byla i zpracovatelem realizační dokumentace stavby včetně výrobně technické dokumentace (VTD) ocelových konstrukcí. Významnou etapou počátku projektu bylo hledání optimálního statického schématu desky komplikovaného hustotou překračovaných překážek, tratí ČD, vleček, vnitrozávodních komunikací, výhledově budované severovýchodní tangenty a v neposlední řadě velkého množství inženýrských sítí. Půdorysné vedení osy lávky ve dvou protisměrných obloucích je výsledkem snahy snížit účinky klimatického zatížení na spodní stavbu částečným přenesením namáhání z podélného směru do deformací lávky v příčném směru. Tvar spodní ocelové stavby je přizpůsoben chování desky při tomto zatížení a směrem ke konci lávky se úmyslně zmenšuje jeho podélná tuhost. Lehká konstrukce schodiště zároveň plní ve statickém systému funkci střední podpory pro namáhání konstrukce ve vodorovném směru. Součástí architektonického ztvárnění lávky je zábradlí tvořené rastroem svislých sloupků ze skružených válcovaných profilů T80 s výplní z tahokovu 42/12,5 mm. Vlastní realizační dokumentace stavby byla rozdělena na dvě části sledující rozdělení realizace díla mezi dodavatele betonových a ocelových konstrukcí.

Pro statický výpočet účinků vnitřních sil a deformací konstrukce stavby byl použit prostorový stěnodeskový model. Interakce vrchní stavby s podložím byla do modelu zavedena prostřednictvím poddajně podepřených pilot. Jako součást výpočtu zpracoval Ing. V. Jüttner z SHP, s. r. o., analýzu dynamického chování lávky navrhuující umístění nelineárních tlumičů na opěrách. Dynamické výpočty byly konzultovány rovněž se čtvrtým autorem článku.

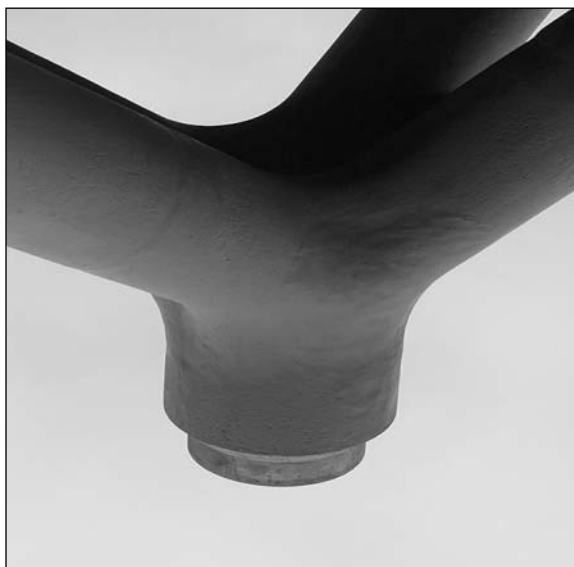
S přihlédnutím k vlivu smršťování betonu byla betonáž mostovky rozdělena do dvou fází – v první byla vybetonována deska nad stromovými podpěrami a v krajních polích a ve druhé po čtrnácti dnech deska v polích.

Výstavba

Vrtáním velkopřůměrových pilot s osazením kotevnicích šroubů a výrobou stěnových prefabrikátů opěr byla stavba zahájena. Další fází bylo osazení „dřívků“ a „korun“ ocelových podpor (obr. 7). K rektifikaci byly využity stavěcí matice na kotevnicích šroubech. Po osazení ocelových prvků (včetně schodiště) byla provedena skruž z hoblovaných



Obr. 4. Uložení podpory na základ



Obr. 5. Odlitek styčníku



Obr. 6. Tlumič podélného kmitání

prken se zkosenými hranami kladenými rovnoběžně s podélnou osou lávky a stykovanými na pero a drážku.

Vzhledem k tomu, že se mostovka betonovala na konci listopadu a začátku prosince, byly velké nároky na kvalitu, rychlost a způsob ukládání, hutnění a ošetřování betonové směsi. Pro zkrácení termínu odsukružení mostovky byly provedeny nedestruktivní zkoušky modulu pružnosti betonu, které její kvalitu potvrdily. Na mostovce byla vzhledem ke klimatickým podmínkám provedena pouze provizorní stěrka, která bude v průběhu letní celozávodní dovolené nahrazena stěrkou definitivní.

Generálním dodavatelem stavby byla firma BPBP, s. a., z Polska, dodavatelem ocelových konstrukcí brněnská firma LAVIMONT®. Odličky byly zhotoveny ve Druhé slévárenské Blansko. Stavba byla zahájena v srpnu 2002 a předána 9.12.2002.

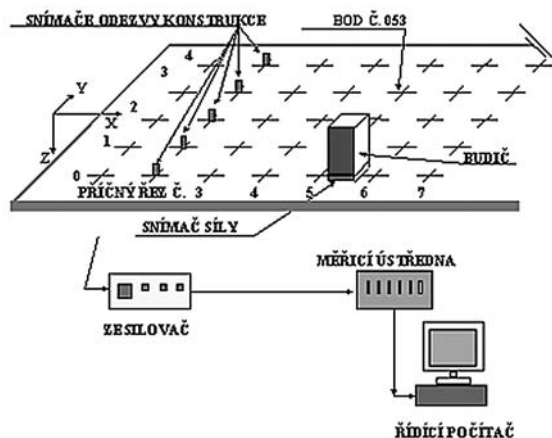


Obr. 7. Montáž bednění desky

Zatěžovací zkouška

Pro ověření kvality konstrukce byla pod vedením čtvrtého a pátého autora článku na lávce provedena dne 12. 12. 2002 dynamická zatěžovací zkouška. Metodou modální analýzy za použití budiče kmitání na mostní konstrukci bylo možné zjistit vlastní tvary a odpovídající vlastní frekvence, a tak předpovědět chování lávky v provozu. Kromě toho byla vyzkoušena i zatížením chodci, čímž byl ověřen soulad s požadavky normy pro zatěžovací zkoušky mostů [4].

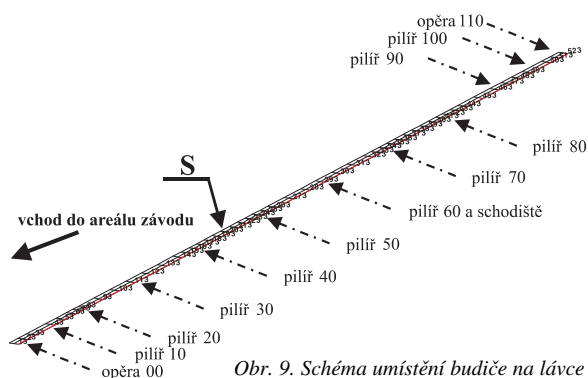
Výhodou modální analýzy je, že porovnáním zjištěných údajů vlastních frekvencí lze hodnotit shodu teoretického



Obr. 8. Schéma uspořádání měření při zkoušce

výpočtu se skutečností a z toho následně odvozovat i bezpečnost konstrukce při mezním stavu únosnosti. Další výhodou je, že výsledky lze využít i v budoucnosti pro monitorování aktuálního stavebního stavu konstrukce. Zkoušku je totiž možno kdykoli opakovat a výsledky porovnat s dynamickými charakteristikami, které byly zjištěny při uvedení lávky do provozu. Z případných změn dynamických charakteristik lze usuzovat na změny stavebního stavu konstrukce.

Obecné schéma uspořádání přístrojů při zkoušce s budičem je uvedeno na obr. 8. Pro experimentální určení frekvencí vlastního kmitání $f_{(j)}$, tvarů vlastního kmitání $\{r_{(j)}\}$ a odpovídajícího útlumu $f_{b(j)}$ zkoumané lávky byl zvolen postup Forced Vibration Testing (FVT), který je v literatuře běžně nazýván právě také modální analýza (Modal Analysis = MA). K rozkmitávání lávky byl použit elektrodynamický budič Tiravib 5140. Síla vyvozaná budičem byla měřena třemi snímači S-35 firmy Lukas propojenými tak, aby přímo udávaly celkovou budičovou sílu. Odezva mostu na buzení byla měřena dvanácti snímači zrychlení B12/200 firmy Hottinger Baldwin Messtechnik (HBM). Snímače byly připojeny k zesilovačům KWS 673.A7 HBM. Odtud byl analogový signál přiveden k měřicí ústředně VCS 2550B firmy Spectral Dynamic s řídicím počítačem. Tato ústředna umožňuje v pracovním režimu on line digitalizaci, úpravu, zpracování a uložení dílčích výsledků až ze šestnácti vstupních analogových kanálů.



Obr. 9. Schéma umístění budiče na lávce



Obr. 10. Budič na lávce během zkoušky

Při měření budič vyvozoval budící sílu náhodného charakteru. Kmitání budícího závaží bylo typu nízkopásmový bílý šum s frekvenčním rozsahem 0 až 20 Hz (tzn. funkce časového průběhu výchylek závaží převedeného do frekvenční oblasti byla téměř konstantní ve frekvenčním intervalu 0,5 až 20,0 Hz) a bylo řízeno signálním generátorem SG 450 ONO SOKKI. Umístění budiče na lávce je zřejmé z *obr. 9* (bod *S*) a *obr. 10*. Odezva na buzení se měřila na povrchu lávky. Kmitání mostu ve 156 bodech se měřilo ve svislém a vodorovném příčném směru (kolmém na podélnou osu lávky). Odezvu řídicí počítač v režimu on line částečně zpracoval tak, že pro každý bod sítě vyhodnotil přenosovou funkci $H_{rs}(if)$ (v měřítku inertance)

$$H_{rs}(if) = \frac{\ddot{w}_r(if)}{F_s(if)}, \quad (1)$$

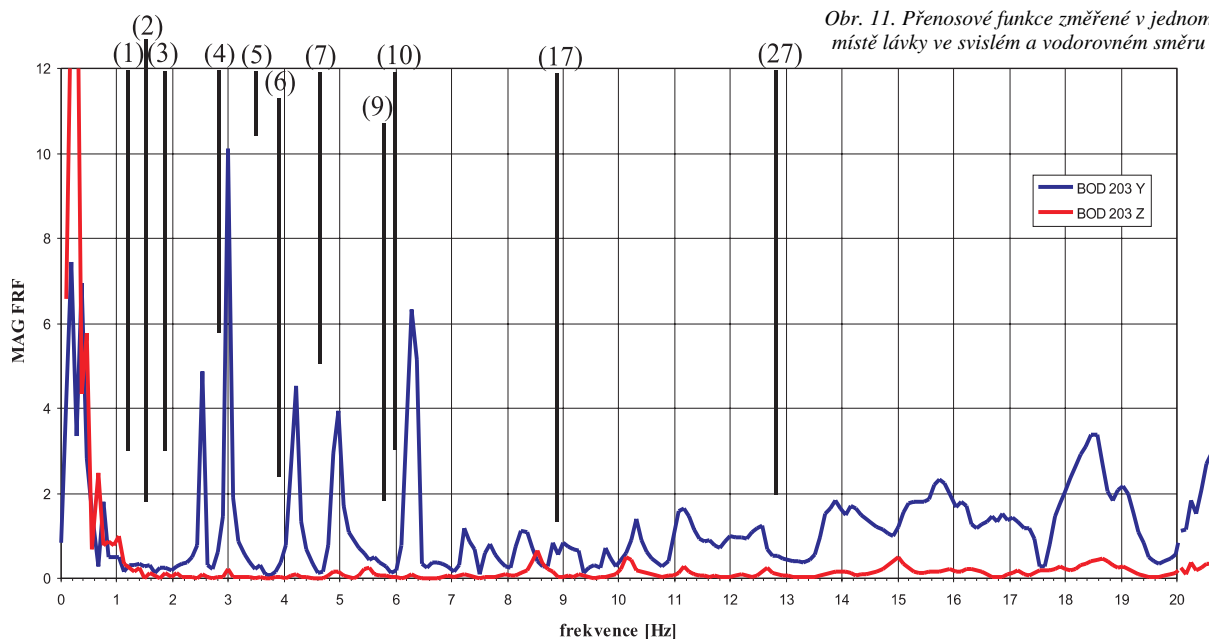
kde i je imaginární jednotka, $\ddot{w}_r(if)$ je odezva konstrukce v měřítku zrychlení v bodě r zobrazená ve frekvenční oblasti, která byla vyvolána budící silou $F_s(if)$ působící v bodě S . Hodnoty přenosových funkcí $H_{rs}(if)$ se při měření v jednotlivých bodech určovaly jako průměr z osmi měření s překrytím oken 0 %. Délka okna zpracovávaného časového signálu byla 32 s, frekvenční rozsah byl nastaven na 50 Hz (menší frekvenční rozsah použitý program neumožňuje). Příklady měřených přenosových funkcí jsou uvedeny na *obr. 11*. Vyhodnocení modálních charakteristik probíhalo off line pomocí programu STAR firmy Spectral Dynamic.

Zkouška s budičem

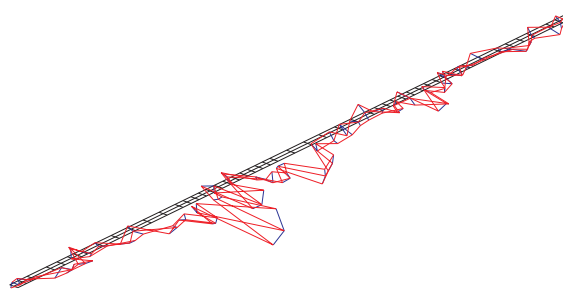
Ve frekvenční oblasti do 13 Hz (má praktický význam) bylo zjištěno celkem 27 vlastních frekvencí $f_{(j)}$, jim odpovídající vlastní tvary $\{r_{(j)}\}$ a útlum $f_{b(j)}$. Část vlastních frekvencí $f_{(j)}$, odpovídajícího útlumu a popis charakteru příslušných vlastních tvarů jsou uvedeny v *tab. 1*, dva z nejnižších tvarů vlastního kmitání jsou na *obr. 12* a *obr. 13*.

Vzájemná nezávislost vyhodnocených tvarů vlastního kmitání byla ověřena pomocí koeficientu korelace modální analýzy $MAC_{(i,j)}$ vypočítaného ze vztahu

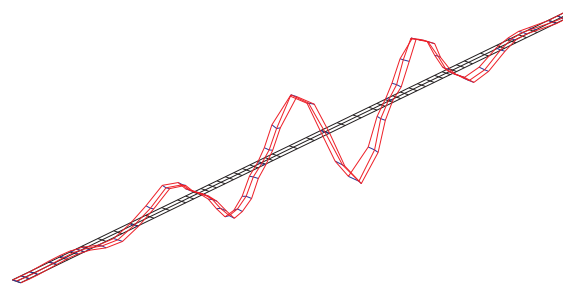
$$MAC_{(i,j)} = \frac{\left| \left\{ r_{(i)}^* \right\}^T \left\{ r_{(j)} \right\} \right|^2}{\left(\left\{ r_{(i)}^* \right\} \left\{ r_{(i)} \right\} \right) \left(\left\{ r_{(j)}^* \right\} \left\{ r_{(j)} \right\} \right)}, \quad (2)$$



Obr. 11. Přenosové funkce změřené v jednom místě lávky ve svislém a vodorovném směru



Obr. 12. Reálná složka prvního tvaru vodorovného příčného kmitání $f_{(1)} = 1,04$ Hz



Obr. 13. Reálná složka prvního tvaru svislého ohybového kmitání $f_{(4)} = 2,55$ Hz

kde index i značí veličiny určené výpočtem, index j veličiny změřené. Ukázalo se, že všechny vyhodnocené vlastní tvary jsou v podstatě ideálně nezávislé, což se pozná tak, že hodnoty MAC se blíží nule.

V *tabulce 2* jsou porovnány rozhodující vlastní frekvence vypočtené na dvou nepatrně odchylných výpočetních modelech Valbek a FSv (modely se liší mírou vetknutí základů ocelových podpor lávky do země) s hodnotami zjištěnými experimentálně. V *tabulce 3* jsou vypočteny odchylky podle vzorce

$$\Delta_{(j)} = \frac{f_{(j)teor} - f_{(j)obs,XX}}{f_{(j)obs,XX}} \cdot 100 [\%], \quad (3)$$

kde j je pořadové číslo porovnávané frekvence, $f_{(j)teor}$ je hodnota vypočtené vlastní frekvence a $f_{(j)obs}$ je odpovídající

změřená vlastní frekvence. Odchyly jsou porovnány s přípustnými odchylkami podle ČSN 73 6209 [4]. Je vidět, že u zkoušené lávky vypočtené odchylky, zejména pro druhý výpočetní model, téměř splňují předepsané kritérium pro vyhodnocení dynamické zatěžovací zkoušky. Nepatrně

překročení mezních odchylek je z hlediska dynamické funkce lávky možno tolerovat, neboť je na straně bezpečné.

Zkouška s chodci

Protože změřená vlastní frekvence lávky příslušná prvnímu tvaru svislého ohybového kmitání leží ve frekvenčním intervalu, ve kterém může dojít k rezonanci s lidským krokem, byla navíc změřena i dynamická odezva lávky na účinky pohybujících se osob. Byla měřena odezva lávky:

- při chůzi dvou osob jdoucích shodnou krokovou frekvencí;
- při chůzi šesti osob jdoucích nezávislou náhodnou krokovou frekvencí;
- při klusu dvou osob se shodnou krokovou frekvencí (podle [4] jde v tomto případě o úmyslné rozkmitávání – vandalizmus).

Odezva lávky měřená v šesti řezech (ve středu rozpětí rozhodujících polí) je vyhodnocena v tab. 4. Zjištěné hodnoty lze porovnat s údaji uvedenými v [4]. Z porovnání vyplývá, že změřené hodnoty zrychlení vyvolané chůzí osob splňují požadavek normy. Odezva vyvolaná klusem je ovšem již na přípustné hranici.

Závěry zkoušky

Ze změřených vlastních frekvencí lávky vyplývá, že bylo dosaženo obstojné shody teorie s experimentem. Výsledky umožňují další vyladění teoretického modelu pro budoucí výpočty. Změřená dynamická odezva na účinky chodců prokázala, že vibrace konstrukce lávky jsou pod mezními hodnotami použitelnosti z hlediska účinku vibrací na lidský organizmus a že látka splňuje ustanovení [4]. Modální analýza prokázala, že látka má vlastnosti vyžadované projektem, a byla tudíž kvalitně postavena [2].

Analýza prostorového styčnicku

Projektant navrhl prostorový styčnick jako odlitek z ocelolitiny a určil jeho rozměry. Na

Tab. 1. Vyhodnocené frekvence [Hz] vlastní kmitání $f_{(j)}$, charakteristiky útlumu a popis charakteru odpovídajících vlastních tvarů

Pořadí (j)	Vlastní frekvence $f_{(j)}$	Frekvence útlumu $f_{b(j)}$	Logaritmický dekrement útlumu $\vartheta_{b(j)}$	Poměrný útlum $b_{r(j)}$	Vlastní tvar
1.	0,69	0,043	0,394	0,063	příčný ohyb mostovky
2.	1,04	0,020	0,118	0,019	1. tvar vodorovného příčného kmitání
3.	1,39	0,027	0,123	0,020	2. tvar vodorovného příčného kmitání
4.	2,55	0,021	0,052	0,008	1. tvar svislého ohybového kmitání
5.	3,01	0,024	0,050	0,008	2. tvar svislého ohybového kmitání
6.	3,54	0,027	0,048	0,008	3. tvar svislého ohybového kmitání
7.	4,19	0,029	0,044	0,007	4. tvar svislého ohybového kmitání
8.	4,93	0,035	0,044	0,007	5. tvar svislého ohybového kmitání
9.	5,44	0,050	0,058	0,009	5. tvar vodorovného příčného kmitání
10.	5,59	0,050	0,056	0,009	6. tvar svislého ohybového kmitání
11.	6,24	0,045	0,046	0,007	7. tvar svislého ohybového kmitání
12.	6,37	0,038	0,037	0,006	1. tvar kroucení – 1. až 6. pole
13.	7,21	0,051	0,045	0,007	8. tvar svislého ohybového kmitání
14.	7,44	0,043	0,037	0,006	2. tvar kroucení – 7. až 11. pole
15.	7,63	0,056	0,046	0,007	9. tvar svislého ohybového kmitání
16.	8,21	0,123	0,094	0,015	10. tvar svislého ohybového kmitání
17.	8,52	0,058	0,043	0,007	3. tvar kroucení – 1. až 6. pole
18.	9,31	0,054	0,036	0,006	4. tvar kroucení – 7. až 11. pole
19.	9,47	0,063	0,042	0,007	11. tvar svislého ohybového kmitání
20.	10,15	0,052	0,032	0,005	5. tvar kroucení – 1. až 6. pole
21.	10,26	0,071	0,043	0,007	12. tvar svislého ohybového kmitání
22.	11,03	0,089	0,051	0,008	13. tvar svislého ohybového kmitání
23.	11,17	0,089	0,050	0,008	6. tvar kroucení
24.	11,56	0,059	0,032	0,005	14. tvar svislého ohybového kmitání
25.	11,92	0,103	0,054	0,009	15. tvar svislého ohybového kmitání
26.	12,32	0,176	0,090	0,014	16. tvar svislého ohybového kmitání
27.	12,61	0,103	0,051	0,008	7. tvar kroucení – 1. až 6. pole

Tab. 2. Porovnání vypočtených a změřených vlastních frekvencí

Pořadí j (pro model VALBEK)	Vlastní frekvence $f(j)$ [Hz]			Vlastní tvar kmitání pro model VALBEK
	výpočet		experiment	
	VALBEK	FSv		
1.	0,8	0,89	1,04	1. tvar vodorovného příčného kmitání lávky
2.	1,0	1,72	x x	1. tvar vodorovného podélného kmitání lávky
3.	1,1	1,25	1,39	2. tvar vodorovného příčného kmitání lávky
4.	1,7	2,08	2,55	1. tvar svislého ohybového kmitání lávky
5.	2,0	2,24	x x	3. tvar vodorovného příčného kmitání lávky
6.	2,0	2,33	3,01	2. tvar svislého ohybového kmitání lávky
7.	2,5	2,77	3,54	3. tvar svislého ohybového kmitání lávky
8.	2,7	3,25	x x	4. tvar vodorovného příčného kmitání lávky
9.	3,0	3,82	4,19	4. tvar svislého ohybového kmitání lávky
10.	3,6	4,41	4,93	5. tvar svislého ohybového kmitání lávky

x x – tvar s odpovídající charakteristikou nebyl při měření zjištěn

Tab. 3. Porovnání vypočtených a změřených vlastních frekvencí.

Pořadí j (pro model VALBEK)	$\Delta(j)$ [%]		
	výpočet		mezní odchylky dle ČSN
	VALBEK	FSv	
1.	-30,0	-16,9	-15
2.	x x	x x	x x
3.	-26,4	-11,2	-15
4.	-50,0	-22,6	-20
5.	x x	x x	x x
6.	-50,5	-29,2	-25
7.	-41,6	-27,8	-25
8.	x x	x x	x x
9.	-39,7	-9,7	-25
10.	-36,9	-11,8	-25

podrobnějším ověření jeho namáhání se podíleli pracovníci Katedry ocelových konstrukcí Fakulty stavební ČVUT (Ing. J. Samec, Ing. V. Toman) pod vedením posledního z autorů článku [3]. Styčnick je tvořen čtyřmi šikmo umístěnými kruhovými trubkami vnějšího průměru 219 mm, které ústí do vertikálně postavené trubky vnějšího průměru 324 mm, jež je přivařena na ocelový sloup mostní podpory. Ve všech trubkách styčnicku jsou ponechány otvory na protažení kabelů. Uprostřed je z výrobních důvodů ponechán otvor o poloměru 80 mm. Trojrozměrný model odlitku je patrný z obr. 14.



Obr. 14. Výpočetní model prostorového styčnicku

Styčnick je zatížen vnitřními silami (normálové a posouvající síly, ohybové momenty a kroučící moment) působícími v jednotlivých trubkách. Údaje dodané firmou Valbek představují návrhové hodnoty sil pro neúčinnější kombinace zatížení působící na lávku. Pro dále popisovaný výpočet byly tyto vnitřní síly rozpočítány na uzlové síly jednotlivých prvků, na něž byly rozděleny okraje každé trubky.

Pevnostní posouzení styčnicku bylo provedeno FEM programem ANSYS 6.0. Výpočet vystihuje složitou geometrii styčnicku a postihuje i nelineární chování materiálu, z něhož je styčnick zhotoven. Pracovní diagram použité ocelolitinny je zadán jako bilineární. Ostatní materiálové hodnoty jsou zadány nominálními hodnotami uváděnými pro zvolenou litinu. Odlitek styčnicku byl ve výpočtu modelován z prvků

SOLID95 Tetrahedral Option. Síť konečných prvků tvořily čtyřstěny vytvořené volným (free) generováním sítě, které dávají spolu s volbou prvku vhodné a dostatečně přesné řešení i v nelineární oblasti pracovního diagramu. Jak již bylo zmíněno, vnitřní síly působící na styčnick byly přepočítány na jednotlivé uzly a zadány v lokálním souřadném systému jednotlivých trubek. Pro nelineární analýzu byla použita Newtonova – Raphsonova metoda.

Pro zhodnocení výpočtu byla jako měřítko vyčíslena napjatost v odlitku, kterou vystihuje nejlépe Druckerova – Pragerova podmínka

$$f(\sigma, k) = \sqrt{J_2} + \psi(\sigma_v) - k = 0, \quad (4)$$

$$\text{kde } \sigma_v = \frac{\sigma_{kk}}{3} = \frac{\sigma_x + \sigma_y + \sigma_z}{3} = \frac{I_1}{3}$$

je střední napětí, které je úměrné prvnímu invariantu tenzoru napětí σ_{ij} .

Jelikož závislost na σ_v je podstatná u materiálů, které mají rozdílnou mez plasticity v tahu a tlaku, přechází tato podmínka v případě oceli v Huber-Mises-Hencky (HMH) podmínku plasticity

$$f(\sigma, k) = \sqrt{J_2} - k = 0, \quad (5)$$

kde $J_2 = \frac{1}{2} s_{ij} s_{ij}$ je druhý invariant deviatoru tenzoru napětí,

$$s_{ij} = \sigma_{ij} - \sigma_v \cdot \delta_{ij}, \text{ kde } \delta_{ij} \text{ je izotropní tenzor (Kroneckerovo delta),}$$

$$k - \text{materiálová konstanta (pro jednoosou napjatost platí } \sqrt{3} \cdot k = f_y \text{).}$$

V našem případě se ekvivalentní napětí určí ze vzorce

$$\sigma_{ekv} = \sqrt{3 \cdot J_2} = \sqrt{\frac{1}{2} \cdot [(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2]}, \quad (6)$$

kde $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ jsou hlavní napětí.

Pro ilustraci jsou na obr. 15 vynesena ekvivalentní napětí ve styčnicku při působení neúčinnější kombinace zatížení působící na lávku. Obrázek je, bohužel, v černobílém tisku nečitelný, ale v barevné verzi lze dobře sledovat, že zjištěná napětí vesměs nepřesahují 200 MPa, pomíneme-li

Tab. 4. Odezva konstrukce na chůzi nebo klus osob

Střed	Bod sítě a orientace snímače	Snímač	Číslo a charakteristika záznamu											
			41	42	43	44	45	46	47	48	50	51	52	
			chůze						klus					
			2 osob z 11. pole do 1. pole	2 osob z 11. pole do 1. pole	2 osob z 11. pole do 1. pole	2 osob z 1. pole do 11. pole	2 osob z 1. pole do 11. pole	2 osob z 1. pole do 11. pole	6 osob z 11. pole do 1. pole	6 osob z 1. pole do 11. pole	2 osob z 1. pole do 11. pole	2 osob z 11. pole do 1. pole	2 osob z 1. pole do 11. pole	
[m s ⁻²]														
4. pole	131 Z	0	0,024	0,022	0,026	0,018	0,016	0,022	0,034	0,029	0,142	0,146	0,176	
4. pole	131 Y	1	0,005	0,003	0,006	0,003	0,003	0,004	0,006	0,006	0,006	0,006	0,008	
5. pole	201 Z	2	0,014	0,026	0,015	0,015	0,011	0,019	0,027	0,022	0,257	0,208	0,252	
5. pole	201 Y	3	0,006	0,003	0,010	0,007	0,003	0,010	0,006	0,007	0,011	0,013	0,011	
6. pole	271 Z	4	0,019	0,015	0,018	0,012	0,014	0,019	0,033	0,029	0,326	0,293	0,386	
6. pole	271 Y	5	0,005	0,003	0,008	0,004	0,003	0,006	0,006	0,006	0,020	0,013	0,018	
7. pole	313 Z	6	0,021	0,014	0,024	0,019	0,012	0,027	0,032	0,030	0,323	0,326	0,419	
7. pole	313 Y	7	0,009	0,002	0,015	0,011	0,003	0,018	0,008	0,012	0,011	0,016	0,009	
8. pole	383 Z	8	0,026	0,017	0,031	0,020	0,016	0,036	0,037	0,035	0,283	0,262	0,341	
8. pole	383 Y	9	0,004	0,004	0,005	0,005	0,004	0,006	0,005	0,006	0,020	0,018	0,025	
9. pole	453 Z	10	0,027	0,011	0,029	0,018	0,016	0,038	0,031	0,028	0,085	0,094	0,116	
9. pole	453 Y	11	0,008	0,003	0,013	0,010	0,003	0,015	0,006	0,010	0,010	0,014	0,009	



Obr. 15. Napjatost ve styčnicku

velmi omezené lokální špičky zaviněné diskretizací konstrukce a zatížením. Uvážíme-li návrhovou pevnost použité ocelolitin, odvozenou z meze kluzu hodnotou $300/1,15 = 261$ MPa, je tím prokázáno, že styčnick z pevnostního hlediska plně vyhovuje.

Závěr

V Mladé Boleslavi byla postavena moderní lávka pro chodce z oceli a betonu s nekonvenčními podporami (obr. 16). Zkouškou bylo ověřeno, že je kvalitně postavena a lze očekávat, že bude sloužit svému účelu po celou dobu životnosti. V článku jsou zmíněny některé méně obvyklé okolnosti vyplývající z konstrukce lávky.



Obr. 16. Pohled na dohotovenou lávku

Vybavení Fakulty stavební ČVUT použité při zatěžovací zkoušce bylo zčásti získáno i díky podpoře výzkumného záměru MŠMT 210000004. Teoretický rozbor styčnicku byl podpořen záměrem 210000001. Poděkování za ochotu podpořit ověření vlastností konstrukce lávky metodou modální analýzy patří investorovi stavby a. s. ŠkodaAuto.

Literatura

- [1] Lenner, R. – Jachan, J. – Ehrenberger, J.: Lávka v Mladé Boleslavi. [Projekt], VALBEK®, spol. s r. o., 2002.
- [2] Studnička, J. – Rotter, T. – Polák, M.: Zpráva o experimentálním ověření lávky pro chodce v závodě Škoda v Mladé Boleslavi. [Zpráva], FSv ČVUT, 2003.
- [3] Studnička, J. – Samec, J. – Toman, V.: Posudek styčnicku. [Zpráva], FSv ČVUT, 2002.
- [4] ČSN 73 6209 Zatěžovací zkoušky mostů. ČSNI, 1996.

Lenner, R. – Jachan, J. – Ehrenberger, J. – Polák, M. – Rotter, T. – Studnička, J.: Footbridge in Mladá Boleslav

A new steel and concrete footbridge was put in operation in Mladá Boleslav in the late 2002 year. It connects the parking lot of the Skoda factory with the factory area. The footbridge structure is composed of a tree-like support made from steel pipes, and it was laid out to reduce the stress of the load-bearing structure. The quality of the footbridge was tested in a load test. This paper further describes the planning, designing, building and theoretical work with special structural elements of the footbridge.

Lenner, R. – Jachan, J. – Ehrenberger, J. – Polák, M. – Rotter, T. – Studnička, J.: Fußgängerbrücke in Mladá Boleslav

Eine neue Fußgängerbrücke aus Stahl und Beton wurde Ende vergangenen Jahres in Mladá Boleslav in Betrieb genommen, wo sie einen Parkplatz am Škoda-Werk mit dem Werksgelände verbindet. Für die Konstruktion wurden baumförmige Stützen aus Stahlrohr eingesetzt, und es wurde eine besondere Linienführung zur Begrenzung der Beanspruchung des Tragwerks genutzt. Die Qualität der Brücke wurde durch eine Belastungsprüfung überprüft. Im Artikel werden außer der Prüfung die Planung, das Projekt und die mit den ungewöhnlichen Konstruktionselementen der Brücke verbundenen theoretischen Arbeiten beschrieben.

Česká společnost pro ocelové konstrukce a
Slovenská spoločnosť pre ocelové konštrukcie
vyhlasují při příležitosti konání
20. české a slovenské konference
Ocelové konstrukce a mosty 2003
17. až 20.9.2003 v Praze

10. ročník soutěže

O nejlepší realizovanou stavbu s ocelovou
konstrukcí v ČR a SR v období 2000–2003.

Kategorie:

- mosty, věže a stožáry
- průmyslové a technologické konstrukce, rekonstrukce
- občanské a sportovní stavby

Informace:

I. K. SKYVA, s. r. o., Ing. Jiří Skyva, Skořepka 4,
602 00 Brno.

Uzávěrka podání přihlášky: 1.7.2003.

Kmitání lávek pro chodce

Ing. Marie STUDNIČKOVÁ, CSc.
 ČVUT – Kloknerův ústav
 Praha

Štíhlé lávky pro chodce je vhodné vždy posoudit na dynamická zatížení, která vznikají od chodců. V článku jsou uvedena rozmezí vlastních frekvencí, při kterých může dojít k nadměrnému kmitání lávek a k překročení přípustných hodnot kmitání z hlediska obou mezních stavů. Je uvedeno několik způsobů, jak změnit vlastní frekvence konstrukce, a tím se vyhnout kritickým frekvencím, a jak pomocí zvláštních opatření a instalací tlumičů ovlivnit dynamické vlastnosti lávek.

Úvod

Při návrhu lávek pro chodce se stále častěji objevují problémy s kmitáním, a dá se tudíž říci, že moderní typy jsou ke kmitání velmi náchylné. Tato náchylnost je důsledkem několika příčin. Především se lávky často stavějí z velmi pevných materiálů a v důsledku toho při nevelkých zatíženích vycházejí dimenze konstrukce malé a celá konstrukce je subtilní. Také se stále častěji navrhuje lávky s velkým rozpětím. Oba jmenované důvody přispívají k tomu, že vlastní frekvence klesají až na hodnoty, které mohou způsobit, že konstrukce lávky rezonuje s budicími silami od chodců nebo od větru. Náchylnost ke kmitání se projevuje především kmitáním hlavní vodorovné nosné konstrukce, a to jak ve směru svislém, tak vodorovném, výjimkou není ani kmitání krouživé.

Dynamická zatížení na lávce vznikají zejména pohybem chodců. Zatížení způsobená cyklisty jsou ve srovnání s nimi zanedbatelná. Velké dynamické účinky naproti tomu vyvolávají vandalové, kteří se rytmickými poskoky na místě nebo vodorovným pohybem těla pokoušejí lávku rozkmitat v rezonanci s některou její vlastní frekvencí. Navíc se zdá, že lidé jsou vůči kmitání citlivější než dříve a často si stěžují na nízký komfort při přechodu lávky, což bývalo v minulosti zcela výjimečné. Někdy je ovšem kmitání lávky tak velké, že ohrožuje nejen komfort chodců, ale i její únavovou životnost.

V současné době se problémy s kmitáním lávek vystupňovaly v celém světě natolik, že většina nově vytvářených norem pro jejich navrhování vyžaduje kromě statické také dynamickou analýzu konstrukce. Většina předpisů však z různých důvodů na problém pouze upozorňuje, ale nepodává podrobný návod, jak se s ním vypořádat. Naše norma [1] např. požaduje provedení dynamického výpočtu, nachází-li se vlastní frekvence svislého kmitání lávky v oblasti 1,4 až 3,3 Hz, popř. u lávek neobvyklých statických soustav. Co má být předmětem dynamického výpočtu, norma nestanoví. Je však jisté, že je určitě efektivnější a úspornější uvážit dynamická zatížení a dynamické chování lávky již ve stadiu návrhu, než provádět dodatečná opatření k zamezení kmitání, nebyla-li lávka navržena správně.

Také nově připravovaná EN 1991-2 Zatížení mostů dopravou [4], která v krátké době nahradí dosud platnou předběžnou ENV 1991-3 [5] (zavedenou do soustavy českých technických norem pod označením ČSN P ENV 1991-3 [6] v dubnu 1997), neposkytuje mnoho informací v tomto směru. Do druhého návrhu EN 1991-2 [4] byla sice vložena Příloha X, která poskytovala poměrně podrobný a

výstižný návod, jak nebezpečí rozkmitání lávek od aktivit chodců vypočítat, popř. posoudit [3]. Bohužel, z konečného návrhu normy byla příloha posléze odstraněna s odůvodněním, že informace v ní uvedené nejsou dostatečně ověřené a náležitě obecné. Autorce článku se zdá, že postup uvedený ve zmiňované příloze byl v zásadě dobrý a začíná ho podrobněji ověřovat v rámci řešení projektu GA ČR 103/03/0082. Pokud se tento názor potvrdí, převezme se podstatná část tohoto materiálu do Národní přílohy k připravovanému eurokódu [4].

Dynamická zatížení působená chodci

Od rytmického pohybu chodců vznikají dynamická zatížení, jejichž účinek závisí na několika veličinách. Jsou to zejména:

- kroková frekvence chodců nebo běžců, popř. frekvence poskoků vandalů;
- časový průběh dynamických zatížení;
- počet osob současně se vyskytujících na lávce;
- možnost synchronizace, tj. přizpůsobení krokové frekvence pohybu lávky.

Svislé kmitání

Nejběžnější hodnota krokové frekvence chodce na lávce je přibližně 2 Hz. Při výpočtu je však třeba uvážit podrobnější frekvenční rozsah při jednotlivých druzích pohybu na lávce, jak je uvádí *tab. 1*.

Tab. 1. Kroková frekvence a frekvence poskoků f_p uživatelů při provozu na lávce

Pohyb	Frekvence [Hz]		
	pomalá	normální	rychlá
chůze	1,4 – 1,7	1,7 – 2,2	2,2 – 2,4
běh	1,9 – 2,2	2,2 – 2,7	2,7 – 3,3
poskoky	1,3 – 3,4	1,9 – 3,0	3,0 – 3,4

Časový průběh zatížení od působení jednoho chodce lze vyjádřit pomocí Fourierovy řady [2], [7], [8], avšak při výpočtech často stačí použít pouze jeden člen řady, tj.

$$F(t) = \Delta G \sin 2\pi f_p t.$$

Ve výrazu je ΔG amplituda síly a f_p je kroková frekvence z intervalu udaného *tab. 1*, která se shoduje s některou vlastní frekvencí posuzované lávky.

Amplituda síly ΔG je závislá na počtu osob, které současně přes lávku přecházejí. Pro jednu osobu lze uvažovat $\Delta G = 320$ N pro nejnižší vlastní frekvenci svislého kmitání lávky, pro vyšší harmonické složky je vhodné brát $\Delta G = 80$ N.

Vodorovné kmitání

Chodci a běžci působí na lávku také vodorovnými silami, jejichž časový průběh lze vyjádřit obdobným výrazem jako u svislého zatížení, ale frekvence budících sil jsou poloviční a amplitudy nižší. Vodorovné dynamické zatížení působí ve směru osy mostu i kolmo na ni.

Ačkoli jsou vodorovné síly od pohybu chodců ve srovnání se svislými silami poměrně malé, jsou schopny způsobit silné vodorovné vibrace v případě, že je vodorovná tuhost



Obr. 1. Dodatečné tlumiče u lávky Millennium v Londýně



Obr. 2. Dodatečné tlumění svislého kmitání v krajním poli lávky Millennium



Obr. 3. Lávka Solferino v Paříži

lávky malá a vlastní frekvence lávky vodorovného příčného kmitání se shoduje s frekvencí budících sil. Toto kmitání může dosáhnout nepřijatelných hodnot zejména v okamžiku, kdy se lávka již rozkmitala a chodci přizpůsobí frekvenci chůze kmitání lávky. Tak může dojít až k rezonanci, která byla např. pozorována brzy po otevření lávky Millennium v Londýně [9], [10], [11]. Při slavnostním otevření vznikla tláčenice a lávka se příčně rozkmitala ve vodorovném směru s frekvencí 0,8 až 0,95 Hz. Chodci přizpůsobovali chůzi (jako námořníci na lodi) a pohybovali se po lávce s krokovou frekvencí 1,6 až 1,9 Hz. Lávka musela být proto déle než rok uzavřena a dodatečně vybavena řadou dynamických tlumičů (obr. 1, obr. 2). Dodatečná opatření si vyžádala rozsáhlý výzkum a značné náklady na rekonstrukci lávky. Podobné problémy stihly i lávku Solferino v Paříži (obr. 3). I zde bylo nutné umístit značné množství tlumičů kmitání.

Vodorovné dynamické síly vznikající ve směru chůze jsou zpravidla zachyceny třením v ložiskách, ale i ony mohou způsobit rozkmitání konstrukce lávky, která má štíhlé a vysoké stojky. U štíhlých rámových konstrukcí i kmitání ve směru osy mostu způsobené chodci může způsobit překročení přípustné úrovně kmitání.

Vliv počtu chodců na lávce

Zatížení způsobené chodci se bude lišit pro případ, kdy jdou po lávce náhodně, tj. každý vlastní krokovou frekvenci a navzájem nekoordinovaně, a pro případ, kdy dojde k synchronizaci jejich pohybu s lávkou, jak bylo zmíněno v předchozím odstavci. Experimenty ukazují, že pro první případ lze vypočítat dynamickou amplitudu budící síly jako \sqrt{n} -násobek dynamické amplitudy budící síly jednoho chodce ΔG , kde n je počet osob na lávce. Pro případ synchronizace je třeba počítat se silou úměrnou n -násobku ΔG .

Vandalizmus

Nebezpečným případem zatížení je již zmíněný vandalizmus, kdy je lávka zatížena skupinou osob, které se úmyslně pohybují na lávce tak, aby došlo k rezonanci. Zatím nebyl nikde definován počet členů skupiny, který by se měl uvažovat ve výpočtech. Zpravidla se předpokládá, že nejméně tři, ale dokonce až sedm osob je schopno dokonale synchronizovat pohyb, a tím extrémně dynamicky zatížit lávku.

Výpočty

Z uvedeného je zřejmé, že chodci a běžci, někdy neúmyslně a jindy úmyslně, přivádějí lávku do vibrací, které jsou nadměrné jak z hlediska mezní použitelnosti (komfort chodců), tak z hlediska mezní únosnosti a únavy. Zda takové nebezpečí hrozí, poznáme při projektování již po předběžném výpočtu vlastního kmitání, tedy po stanovení vlastních frekvencí a tvarů kmitání lávky. Pokud se některé vlastní frekvence svislého kmitání kryjí s frekvencemi uvedenými v tab. 1, anebo vlastní frekvence příčného vodorovného kmitání dosahují polovičních hodnot, pak je třeba prověřit, za jakých okolností může v reálné situaci docházet k odpovídajícím případům zatížení a u relevantních případů potom podrobně propočítat účinek kmitání na konstrukci. Je výhodné lávku navrhnout tak, že se při zvyšování amplitud kmitání zvyšuje i útlum konstrukce, popř. se do kmitání zapojují další konstrukční prvky. Tento jev, nazývaný systémový útlum, se objevuje např. u zavěšených lávek (s velkým počtem závěsů).

Dynamické vlastnosti lávek pro chodce

Z hlediska dynamické odezvy lávky na pohyb chodců jsou důležité její dynamické vlastnosti, zejména vlastní frekvence a tvary kmitání a útlum. Tuhost, hmotnost, rozpětí a materiál jsou vlastnosti, které mají bezprostřední vliv na vlastní frekvence a některé i na útlum. Jejich modifikací lze ovlivnit dynamické vlastnosti lávky žádoucím směrem.

Rozhodující veličinou pro hodnoty vlastních frekvencí lávky je u nosníkových konstrukcí vždy rozpětí lávky. Vlastní frekvence se s rozpětím zmenšuje. Ostatní jmenované veličiny (moment setrvačnosti I , hmotnost m a modul pružnosti materiálu E) mají vliv úměrný parametru $\sqrt{EI/m}$, tedy výrazně menší.

Útlum lávek může být někdy velmi malý, což platí zejména u ocelových a spřažených konstrukcí. Pro lávky nosníkového typu je nejběžnější rozsah hodnot logaritmického dekrementu útlumu ϑ uveden v tab. 2.

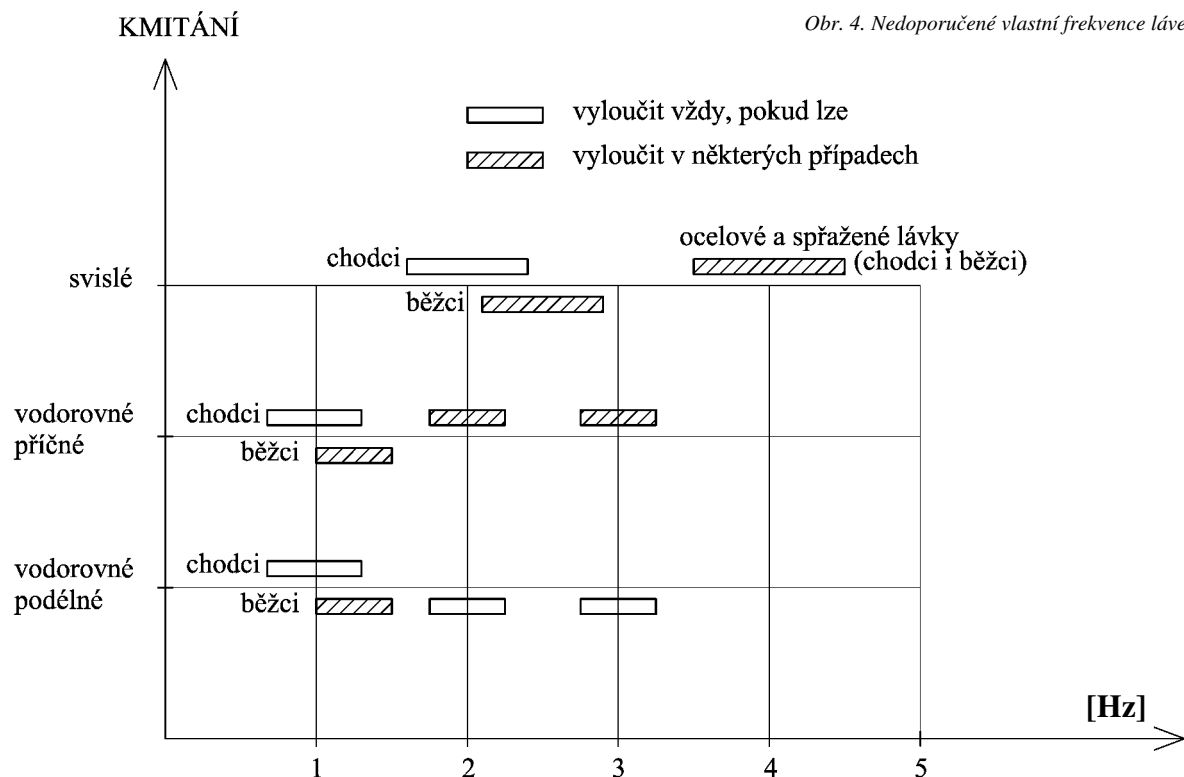
V případě, že je na lávce velký počet osob, dochází zpravidla ke zvýšení útlumu, což je způsobeno disipací energie v lidském organismu. U většiny konstrukcí také dochází ke zvýšení útlumu s rostoucími amplitudami kmitání.

Kritéria přijatelnosti vibrací

Hodnocení přijatelnosti vibračních lávek z hlediska působení na člověka se zpravidla vztahuje k největším hodnotám zrychlení vibrací, které vznikají na lávce. Záleží ovšem nejen na absolutních hodnotách tohoto zrychlení, ale je třeba vzít v úvahu další aspekty. Mezi ně patří např.:

- četnost výskytu určité úrovně kmitání;
- požadovaná úroveň pohody uživatelů lávky;
- akceptování vibrační chodci (záleží na umístění lávky – je rozdíl mezi zavěšenou lávkou nad údolím v horách a lávkou v supermarketu);
- skutečnost, zda jde o hodnoty vypočtené v projektu, nebo naměřené na postavené lávce.

Kritéria přijatelnosti vibrací jsou obecně frekvenčně závislá. V různých mezinárodních (ISO), evropských (EN) i našich předpisech (ČSN) jsou uvedeny grafy buď maximálních, nebo efektivních hodnot zrychlení v závislosti na frekvenci kmitání [2], [3], [8]. V zásadě lze pro svislé kmitání způsobené chodci považovat za přípustné hodnoty zrychlení v rozmezí $a = 0,5$ až $1,0 \text{ m/s}^2$, tj. 5 až 10 % zrychlení zemské tíže g . Pro vodorovné kmitání jsou přípustné hodnoty značně nižší, odpovídající cca 1 až 2 % g .



Obr. 4. Nedoporučené vlastní frekvence lávek

Tab. 2. Obvyklé hodnoty logaritmického dekrementu útlumu lávek pro chodce

Konstrukce lávky	Útlum ϑ		
	minimální	střední	maximální
železobeton	0,050	0,080	0,130
předpjatý beton	0,030	0,060	0,110
ocelobeton	0,020	0,040	–
ocel	0,010	0,025	–
dřevo			
– s mechanickými spoji	–	0,100	–
– bez mechanických spojí	–	0,060	–

Opatření proti nadměrným vibracím

• **Přeladění konstrukce** je míněna změna vlastních frekvencí lávky. Provádí se změnou rozpětí, hmotnosti, tuhosti, použitého materiálu, popř. změnou statické soustavy tak, aby se vlastní frekvence lávky dostaly mimo obor nejčastěji se vyskytujících krokových frekvencí. Jak již bylo v odstavci o dynamických vlastnostech zmíněno, neúčinněji se konstrukce přeladí změnou rozpětí. Pokud nelze změnit rozpětí nebo statické působení konstrukce, je naděje na její úspěšné přeladění velmi malá, protože oblastí frekvencí, kterým je třeba se vyhnout, je celá řada (obr. 4). Na obrázku jsou vymezeny kritické oblasti vlastních frekvencí, které by lávky neměly mít, aby nebyly náchylné ke kmitání. Je nutné zkontrolovat kmitání ve směru svislém,

vodorovně příčném i vodorovně podélném. Přitom nebezpečné nemusí nutně být absolutně nejnižší frekvence, jak se mnohdy mylně traduje.

• **Zvláštní opatření** – často se stává, že konstrukci nelze přeladit žádným rozumným způsobem, aniž by z lávky vzniklo monstrem nebo nevzhledná konstrukce. Pak nastupují speciální opatření, jejichž zavedením se částečně změní dynamické vlastnosti lávky. Jde zejména:

- o změnu okrajových podmínek uložení nosníku lávky, zpravidla přidáním pevných (neposuvných) ložisek;
- o osazení tužšího zábradlí;
- o přidání vzpěr a závěsů (svislých, vodorovných nebo šikmých), tedy změna statické soustavy.

• **Zvýšení útlumu** konstrukčními opatřeními, např. úpravou spojů nebo ložisek, je také možné, ale zpravidla není příliš efektivní. Jako velmi účinné se ukázalo použití dynamických tlumičů (pohlcovačů kmitání). Navíc, pokud se s použitím tlumičů počítá již při návrhu lávky, jde o opatření relativně laciné a technicky nepřilíši náročné.

Dynamický pohlcovač kmitání zpravidla sestává z hmotného tělesa (např. betonového bloku, ocelové krabice s kusem kolejnic, nádrže s vodou), pružinových prvků a hydraulického tlumiče. Jeho úkolem je snižovat amplitudy kmitání konstrukce tím, že hmota pohlcovače se při kmitání pohybuje na pružinách proti směru pohybu konstrukce. Aby byl účinný, musí být optimálně naladěn. Základní parametry pohlcovače se stanoví dynamickým výpočtem soustavy o dvou stupních volnosti a konečné doladění se provede po instalaci na konstrukci. Pohlcovače, pokud nejsou přímo vystaveny povětrnosti (jsou zavěšeny pod lávkou nebo jsou uvnitř komorového nosníku lávky), vykazují bezporuchový provoz po celou dobu životnosti lávky a zpravidla nevyžadují údržbu.

Závěr

Moderní lávky pro chodce jsou zpravidla citlivější na dynamické zatížení než lávky klasické. Proto není správné uvažovat při návrhu pouze statické zatížení. Je vhodné vždy provést alespoň základní dynamický výpočet (výpočet vlastních frekvencí a tvarů kmitání) a není-li ani to možné, alespoň odborně odhadnout dynamické chování projektované lávky. Většinou postačí dynamický výpočet provedený pomocí standardního výpočetního programu, a proto by se neměl vynechávat.

Při dynamickém výpočtu je více než při statickém třeba dbát na výstižné zavedení okrajových podmínek konstrukce, tj. umístění ložisek, směr posuvu konstrukce po ložiskách, natažení krajních průřezů podél os apod. Nerespektování těchto zásad vede k nesprávným hodnotám vlastních frekvencí a tvarů a další výpočty spočívající v přeladění konstrukce a výpočtu účinků vynuceného kmitání od chodců jsou potom zavádějící. Při výpočtu vynuceného kmitání je navíc třeba vypočítat odezvu při ustáleném kmitání, tedy při kmitání, kdy se již amplitudy při působícím dynamickém zatížení nezvyšují. V ostatních případech, kdy jsou pokusy o přeladění neúspěšné a je nutné použít tlumiče kmitání, popř. přijmout zvláštní opatření, je vhodné kontaktovat specialisty v oboru dynamiky stavebních konstrukcí.

Příspěvek byl vypracován v rámci výzkumného záměru ČVUT J04/98/210000029 „Rizikové inženýrství a spolehlivost technických systémů“ a za podpory grantu č. 103/03/0082 „Nelineární odezva konstrukcí při mimořádných zatíženích způsobených pohybem člověka“.

Literatura

- [1] ČSN 73 6203 Zatížení mostů. ČSN 1986.
- [2] Studničková, M.: Dynamická zatížení lávek pro chodce a hodnocení jejich účinků. *Stavební obzor*, **8**, 1999, č. 10, s. 292–298.
- [3] Studničková, M.: Posouzení vibrací lávek pro chodce podle evropských norem. *Stavební obzor*, **10**, 2001, č. 10, s. 296–299.
- [4] prEN 1991-2 Traffic Loads on Bridges. CEN, 2001.
- [5] ENV 1991-3 Traffic Loads on Bridges. CEN, 1995.
- [6] ČSN P ENV 1991-3 Zatížení mostů dopravou. ČSN, 1997.
- [7] Bachmann, H.: „Lively“ Footbridges – a Real Challenge. Int. conference Footbridge, Paris, 2002, pp. 1–15.
- [8] Bachmann, H. – Amman, W.: Vibrations in Structures Induced by Man and Machines. IABSE Structural Engineering Documents 3e, 1987.
- [9] Dallard, P. – Fitzpatrick, A. J. – Flint, A. – LeBourva, S. – Low, A. – Ridsdill, R. M. – Willford, M.: The London Millennium Footbridge. *The Structural Engineer*, Vol. 79, No. 22, 2001.
- [10] Studnička, J.: Millennium Bridge v Londýně se rozkmital. *Stavební obzor*, **10**, č. 5, 2001, s. 161.
- [11] Studnička, J.: Problémy s lávkou Millennium Bridge v Londýně. *Ocelové konstrukce*, 2001, č. 3, s. 48.

Studničková, M.: Vibrations of Footbridges

Light footbridges should always be assessed assuming the dynamic loads which arise from their use. This paper presents a range of natural frequencies of footbridges. These frequencies can cause excessive vibrations of footbridges which can lead to exceeding safe values of vibrations regarding both limit states. This paper shows methods of changing natural frequencies of the structure. Thanks to the changes, critical frequencies can be avoided. This article also shows how special measures and installation of dampers can improve dynamic properties of footbridges.

Studničková, M.: Schwingungen von Fußgängerbrücken

Es ist immer angebracht, schlanke Fußgängerbrücken auf dynamische Belastungen zu begutachten, die durch den Fußgängerverkehr entstehen. Im Artikel werden die Eigenfrequenzbereiche der Brücken angeführt, bei denen es zur übermäßigen Schwingung der Brücken und zur Überschreitung der zulässigen Werte der Schwingungen vom Gesichtspunkt beider Grenzzustände kommt. Es sind mehrere Arten angegeben, wie die Eigenfrequenz der Konstruktion geändert werden und damit den kritischen Frequenzen ausgewichen werden kann und wie mit Hilfe besonderer Maßnahmen und Installationen von Dämpfern der dynamischen Eigenschaften der Brücken die Schwingungen gedämpft werden können.

**Evropská asociace pro asfaltové vozovky (EAPA)
Asociace evropských výrobců asfaltů
EUROBITUME**

uspořádají

12. – 14. května 2004 ve Vídni

třetí kongres

EURASFALT & EUROBITUME

na téma

**Přednosti asfaltových směsí
Bezpečnost a odpovědnost**

www.econgress.org

Transformace funkce dotvarování na relaxační funkci

Richard VALENTA

prof. Ing. Jiří ŠEJNOHA, DrSc.

doc. Ing. Michal ŠEJNOHA, PhD.

ČVUT – Fakulta stavební
Praha

V příspěvku je určena relaxační funkce ze známé funkce dotvarování s využitím Laplaceovy transformace. Jako příklad jsou uvedeny získané hodnoty koeficientů relaxační funkce. Tato funkce charakterizuje vazkopružné chování epoxidové pryskyřice PR100/2+EM100E, která se využívá jako matrice kompozitního materiálu.

Úvod

Je známo, že řešení inverzního problému při získávání relaxační funkce s využitím recipročního teorému (1) pomocí metody nejmenších čtverců [1] je numericky nestabilní, neboť vzniklé rovnice jsou velmi špatně podmíněné. Řešící procedura navíc vyžaduje zavedení určitých předpokladů o hledaných koeficientech a apriorní volbu všech relaxačních časů. Tato práce předkládá elegantní řešení zmíněného problému. Jak je dále uvedeno, výsledkem řešení není jen soubor koeficientů relaxační funkce, ale také jim odpovídající soubor relaxačních časů. O konstitutivních vztazích v návaznosti na Laplaceovu transformaci pojednává řada publikací. Za všechny uvedeme alespoň [2]. Základní informace o Laplaceově transformaci lze nalézt např. v [3]. Nejnutnější vztahy, potřebné pro pochopení následujícího textu, jsou uvedeny v dodatku k článku.

Transformace funkce dotvarování na relaxační funkci

Je-li funkce dotvarování $J(t, \tau)$, která při nízkých úrovních namáhání vyjadřuje časově závislou poddajnost lineární vazkopružného materiálu, vyjádřena ve tvaru Dirichletovy – Pronyho řady, je možné získat její inverzní relaxační funkci $R(t, \tau)$ s využitím Laplaceovy transformace. Lze ukázat, že při zavedení Dirichletových – Pronyho řad je vhodnou formou Laplaceovy transformace Laplaceova – Carsonova transformace (p -násobná Laplaceova transformace). Reciproční teorém umožňuje formálně uplatnit Laplaceovy – Carsonovy obrazy $p\tilde{R}(p)$ a $p\tilde{J}(p)$ v identitě $E = 1/E^{-1}$ platné v teorii pružnosti. Výsledkem této náhrady je vztah

$$p\tilde{R}(p) = \frac{1}{p\tilde{J}(p)}, \quad (1)$$

kde

$$\tilde{J}(p) = \int_0^{\infty} J(t) e^{-pt} dt, \quad \tilde{R}(p) = \int_0^{\infty} R(t) e^{-pt} dt. \quad (2)$$

Funkci dotvarování $J(t, \tau)$ označme pro případ zatěžování nabíhajícího v čase $t = 0$ jako $J(t)$ a vyjádřeme použitím Dirichletovy – Pronyho řady ve tvaru

$$J(t) = \sum_{\mu=1}^{M-1} J_{\mu} \left[1 - \exp\left(-\frac{t}{\tau_{\mu}}\right) \right] + J_M, \quad (3)$$

kde J_M je okamžitá poddajnost v čase $t = 0$, pro kterou je retardační čas τ_M roven nule. Obdobně vyjádříme příslušnou relaxační funkci jako

$$R(t) = \sum_{\mu=1}^{M-1} E_{\mu} \exp\left(-\frac{t}{\theta_{\mu}}\right) + E_M, \quad (4)$$

kde E_M je okamžitá tuhost v čase $t = 0$, pro kterou se relaxační čas θ_M blíží nekonečnu.

Substitucí rovnic (3) a (4) do rovnic (2) získáme po několika drobných úpravách Laplaceovy – Carsonovy obrazy funkce dotvarování a relaxační funkce ve tvaru

$$p\tilde{J}(p) = \sum_{\mu=1}^{M-1} \frac{J_{\mu}}{\tau_{\mu} p + 1} + J_M, \quad p\tilde{R}(p) = p \sum_{\mu=1}^{M-1} \frac{E_{\mu}}{\frac{1}{\theta_{\mu}} + p} + E_M. \quad (5)$$

Jednotlivé tuhosti E_{μ} , $\mu = 1, \dots, M$ a jim odpovídající relaxační časy θ_{μ} , $\mu = 1, \dots, M-1$, $\theta_M \rightarrow \infty$ určíme dosazením (5) do rovnice (1). Po úpravě získáme

$$\begin{aligned} \tilde{R}(p) &= \sum_{\mu=1}^{M-1} \frac{E_{\mu}}{\frac{1}{\theta_{\mu}} + p} + \frac{E_M}{p} = \frac{1}{p^2 \tilde{J}(p)} = \\ &= \frac{1}{p J_M} \cdot \frac{\prod_{k=1}^{M-1} (\tau_k p + 1)}{\sum_{\mu=1}^{M-1} \left[\frac{J_{\mu}}{J_M} \prod_{k \neq \mu}^{M-1} (\tau_k p + 1) \right] + \prod_{k=1}^{M-1} (\tau_k p + 1)}. \quad (6) \end{aligned}$$

Tuto rovnici lze zapsat ve tvaru

$$\tilde{R}(p) = \frac{1}{p J_M} \cdot \frac{Q(p)}{D(p)}, \quad (7)$$

kde

$$Q(p) = \prod_{k=1}^{M-1} (\tau_k p + 1) \quad (8)$$

a

$$D(p) = \sum_{\mu=1}^{M-1} \left[\frac{J_{\mu}}{J_M} \prod_{k \neq \mu}^{M-1} (\tau_k p + 1) \right] + \prod_{k=1}^{M-1} (\tau_k p + 1) \quad (9)$$

jsou polynomy $(M-1)$ -ního stupně. Poznamenejme ještě, že zlomek v rovnici (7) má v čitateli polynom $(M-1)$ -ního stupně a ve jmenovateli polynom M -tého stupně.

Nechť p_1, p_2, \dots, p_{M-1} jsou reálné kořeny polynomické rovnice $D(p) = 0$, pak

$$D(p) = \prod_{\mu=1}^{M-1} (p - p_{\mu}). \quad (10)$$

Rovněž nechť $p_M = 0$ je M -tý kořen rovnice $pD(p) = 0$. Připomeňme, že všechny materiálové parametry (J_{μ}, J_M, τ_{μ}) jsou kladné. To samé tedy platí i pro koeficienty polynomu $D(p)$ i pro jeho absolutní člen, a proto jsou všechny kořeny

$p_\mu, \mu = 1, 2, \dots, M - 1$, záporné. Je zřejmé, že

$$\begin{aligned} \frac{d}{dp} [p D(p)]_{p=0} &= \left[D(p) + p \frac{dD(p)}{dp} \right]_{p=0} = \\ &= D(0) = \sum_{\mu=1}^{M-1} \left(\frac{J_\mu}{J_M} \right) + 1 = \prod_{\mu=1}^{M-1} (-p_\mu), \end{aligned} \quad (11)$$

$$\begin{aligned} \frac{d}{dp} [p D(p)]_{p=p_\mu} &= p_\mu \prod_{k=1}^{\mu-1} (p_\mu - p_k) \prod_{k=\mu+1}^{M-1} (p_\mu - p_k), \\ \mu &= 1, 2, \dots, M - 1. \end{aligned} \quad (12)$$

Rovnice (7) může být nyní rozvinuta v řadu částečných zlomků

$$\begin{aligned} \tilde{R}(p) &= \frac{1}{J_M} \left[\sum_{\mu=1}^M \frac{Q(p_\mu)}{\frac{d}{dp} [p D(p)]_{p=p_\mu}} \cdot \frac{1}{p - p_\mu} \right] = \\ &= \frac{1}{J_M} \left\{ \frac{1}{\left[\sum_{\mu=1}^{M-1} \left(\frac{J_\mu}{J_M} \right) + 1 \right]} \cdot \frac{1}{p - 0} + \right. \\ &\left. + \sum_{\mu=1}^{M-1} \left[\frac{\prod_{k=1}^{M-1} (\tau_k p_\mu + 1)}{p_\mu \prod_{k=1}^{\mu-1} (p_\mu - p_k) \prod_{k=\mu+1}^{M-1} (p_\mu - p_k)} \cdot \frac{1}{p - p_\mu} \right] \right\}. \end{aligned} \quad (13)$$

Připomeňme, že $p_M = 0$ a $(-p_\mu) > 0$, pro $\mu = 1, 2, \dots, M - 1$. Porovnáním poslední rovnice s rovnicí (6) dostaneme vztahy pro relaxační časy ve tvaru

$$\begin{aligned} \frac{1}{\theta_\mu} &= -p_\mu, \mu = 1, 2, \dots, M - 1, \\ \frac{1}{\theta_M} &= -p_M = 0 \Rightarrow \theta_M \rightarrow \infty. \end{aligned} \quad (14)$$

A konečně porovnáním příslušných koeficientů v rovnicích (5) a (13) dostaneme následující vzorce pro tuhosti jednotlivých článků v Maxwellově modelu

$$\begin{aligned} E_\mu &= \frac{\prod_{k=1}^{M-1} (\tau_k p_\mu + 1)}{J_M p_\mu \prod_{k=1}^{\mu-1} (p_\mu - p_k) \prod_{k=\mu+1}^{M-1} (p_\mu - p_k)}, \\ \mu &= 1, 2, \dots, M - 1, \\ E_M &= \frac{1}{J_M \left(\sum_{\mu=1}^{M-1} \left(\frac{J_\mu}{J_M} \right) + 1 \right)} = \frac{1}{\sum_{\mu=1}^M J_\mu}. \end{aligned} \quad (15)$$

Výsledky

Pro ilustraci uvádíme příklad odvození koeficientů relaxační funkce ze známých koeficientů funkce dotvarování. Podkladem pro určení koeficientů funkce dotvarování byla sada výsledků experimentálních měření funkce poddajnosti na vzorcích epoxidové pryskyřice PR100/2+EM100E a z nich vytvořená řídicí křivka (master curve) [4]. Tento speciální postup byl použit proto, že obvykle nejsou dostupná data popisující časově závislé přetváření při velmi nízkých úrovních namáhání. Užitím metody nejmenších čtverců byly získány koeficienty J_μ funkce poddajnosti. Metoda nejmenších čtverců se používá k přechodu na Dirichletovu – Pronyho řadu i v případech, kdy je funkce dotvarování (poddajnosti) vyjádřena vhodným analytickým vztahem. Tak je tomu např. ve známém Bažantově modelu B3, který popisuje základní dotvarování betonu. Ve sledovaném případě byly odpovídající koeficienty relaxační funkce následně vypočteny užitím rovnic (14), (15) a jsou uvedeny v tab. 1. Pro numerickou implementaci byla funkce dotvarování (3) upravena na tvar

$$J(t) = \sum_{\mu=1}^M J_\mu \left[1 - \exp\left(-\frac{t}{\tau_\mu}\right) \right], \quad (16)$$

kde retardačnímu času τ_M byla přiřazena hodnota 1 s.

Tab. 1. Parametry funkce dotvarování a relaxační funkce epoxidové pryskyřice PR100/2+EM100E

μ	FUNKCE DOTVAROVÁNÍ		RELAXAČNÍ FUNKCE	
	τ_μ [s]	J_μ [GPa-1]	θ_μ [s]	E_μ [GPa]
1	1,00E+00	0,32826	8,90E+00	0,03257
2	9,00E+00	0,00354	8,06E+01	0,01304
3	8,10E+01	0,00144	7,16E+02	0,05384
4	7,29E+02	0,00605	6,39E+03	0,07631
5	6,56E+03	0,00899	5,75E+04	0,07604
6	5,90E+04	0,00945	5,13E+05	0,09682
7	5,31E+05	0,01276	4,56E+06	0,12757
8	4,78E+06	0,01827	4,08E+07	0,13419
9	4,30E+07	0,02112	3,54E+08	0,21360
10	3,87E+08	0,03877	3,15E+09	0,21814
11	3,49E+09	0,04778	2,69E+10	0,28741
12	3,14E+10	0,08073	2,28E+11	0,32505
13	2,82E+11	0,14135	2,28E+12	1,39176

Obdobně byla převedena relaxační funkce (4) na tvar

$$R(t) = \sum_{\mu=1}^M E_{\mu} \exp\left(-\frac{t}{\theta_{\mu}}\right), \quad (17)$$

kde relaxační čas θ_M byl aproximován hodnotou $2,28 \cdot 10^{12}$ s.

Článek byl vypracován za podpory projektů č. 103/00/0756 GA ČR a č. GP 103/01/D052 GA ČR.

Literatura

- [1] Tervoort, T. A.: Constitutive Modeling of Polymer Glasses: Finite, Nonlinear Viscoelastic Behaviour of Polycarbonate. Eindhoven University of Technology, Eindhoven, 1996.
- [2] Kovařík, V.: Teorie vazkopružnosti. Praha, Academia 1991.
- [3] Rektorys, K. a kol.: Přehled užité matematiky 1. Praha, Prometheus 1995.
- [4] Valenta, R. – Šejnoha, M. – Šejnoha, J.: Materiálové parametry Leonovova modelu pro epoxidovou pryskyřici. [Sborník], konference „Nové trendy v statice a dynamice stavebních konstrukcí“, Bratislava, 2001.

Valenta, R. – Šejnoha, J. – Šejnoha, M.: Transformation of the Creep Function into the Relaxation Function

The present contribution is concerned with the determination of the coefficients of the relaxation function from a given creep function using the Laplace transformation. As an example we present the resulting coefficients of the relaxation function describing the time dependent behavior of PR100/2+EM100E epoxy used as a matrix of composite materials.

Dodatek

Nechť $f = f(t)$ je funkce absolutně integrovatelná, potom funkce parametru p

$$F(p) = \tilde{f}(p) = \int_0^{\infty} f(t) e^{-pt} dt$$

je jejím Laplaceovým obrazem. Jednoduchým výpočtem vyjdou obrazy tří základních funkcí uvedené v tab. 2.

Tab. 2. Laplaceovy obrazy základních funkcí

$F(p) = \tilde{f}(p) = \int_0^{\infty} f(t) e^{-pt} dt$	$f(t)$
$\frac{1}{p}$	1
$\frac{1}{p^2}$	t
$\frac{1}{p+a}$	e^{-at}

Valenta, R. – Šejnoha, J. – Šejnoha, M.: Umformung der Relaxationsfunktion aus der Kriechfunktion

Im Beitrag wird eine Relaxationsfunktion aus einer bekannten Kriechfunktion durch Laplacesche Transformation bestimmt. Als ein Beispiel werden die ermittelten Werte der Koeffizienten der Relaxationsfunktion angegeben. Diese Funktion charakterisiert das viskoelastische Verhalten des Kunstharzes PR100/2+EM100E, das als Kompositumsmatrix verwendet wird.

Bezbariérové řešení staveb

Skopec, J.

Nakladatelství ARCH, Praha, 2002, 80 s., 160 Kč

Základním problémem, k jehož odstranění má přispět tento právní předpis, je integrace osob s omezenou schopností pohybu a orientace do společnosti. K dosažení tohoto cíle je nutné vytvořit podmínky pro možnost samostatného pohybu těchto osob v prostředí včetně přístupnosti a užívání staveb.

Pojem bezbariérové přístupnosti a užívání stavby zahrnuje soubor technických, popř. technicko-administrativních opatření zajišťujících samostatný pohyb a užívání staveb osobami s omezenou schopností pohybu a orientace, tzn. bez pomoci další osoby. Limitujícími kritérii technického řešení jsou podmínky osoby používající vozík pro invalidy nebo vysoké podpurné hole (berle), popř. osoby s těžkým smyslovým postižením. Jakékoli řešení vyžadující pomoc další osoby musí být u změn staveb, popř. změn v užívání staveb občanského vybavení, začleněno do jejich provozního řádu jako povinnost obslužného personálu. Tento řád musí být náležitě zveřejněn. Řešení však nesmí znesnadňovat pohyb a užívání ostatním skupinám populace. Musí být dodržena zásada, že „navrhování staveb bez bariér je navrhováním pro všechny“.

Se změnou společenských podmínek v roce 1989 se v této humanitárně technické oblasti mnohé změnilo ve prospěch integrace zdravotně postižených do společnosti. Je vstřícnější přístup k pomoci osobám s omezenou schopností pohybu a orientace, který se rozšířil v řadách kolektivů i jednotlivců, jak v působnosti orgánů státní správy, tak i u ostatních účastníků procesu výstavby a dobrovolných občanských iniciativách.

Stávající právní předpis, tj. vyhláška tehdejšího Ministerstva hospodářství ČR č. 174/1994 Sb., nabyla účinnosti dnem 1. října 1994 a nahradila vyhlášku č. 53/1985 Sb. Za dobu její aplikace byly získány nové zkušenosti a poznatky v dané problematice. Rovněž došlo k rozvoji nových technologií a specifické výrobní základny. Zvýšila se dostupnost potřebných výrobků a technická vybavenost staveb. Tyto skutečnosti spolu s přihlédnutím k uživatelským požadavkům a potřebám zrakově postižených osob včetně nutné reakce na novelu stavebního zákona a změny prováděcích vyhlášek k němu byly podstatnými důvody pro nahrazení platné vyhlášky novým prováděcím předpisem.

Odborná čtenářská veřejnost, které je publikace především určena, by jí měla přijmout jako nepostradatelnou pomůcku pro naplnění hlavního cíle, tj. vytvořit bezbariérové životní prostředí, a tím podstatným způsobem přispět k integraci zdravotně postižených spoluobčanů.

O vzdělávání v teorii spolehlivosti stavebních konstrukcí a pravděpodobnostních přístupech

prof. Ing. Břetislav TEPLÝ, CSc.
VUT – Fakulta stavební
Brno

Teorie spolehlivosti a další související disciplíny (stochastická analýza a její části, tj. statistická, citlivostní a pravděpodobnostní analýza, ale též rizikové inženýrství) se stávají nezbytnými nástroji v řadě činností, nejenom technických, nýbrž i ekonomických, řídicích, manažerských a dalších. Přitom příslušné znalosti nejsou odborné komunitě natolik známy, aby tyto nástroje mohly být dostatečně efektivně využívány všude tam, kde je to vhodné či potřebné. Výuka na některých vysokých školách však tyto skutečnosti nerespektuje a také v kurzech celoživotního vzdělávání inženýrů to zatím není obsaženo. Tento článek vznikl ve snaze současnou situaci popsat a snad také přispět k jejímu zlepšení.

Uplatnění pravděpodobnostních přístupů

Nejprve stručně popíšeme několik oblastí, ve kterých je využití statistických a pravděpodobnostních přístupů žádoucí, resp. nutné.

- **Spolehlivost** sice patří k základním požadavkům při navrhování či posuzování stavebních konstrukcí, ale je nutno přiznat, že současný inženýr a také současný absolvent vysoké školy o tom podrobnější znalosti nemá. V předpisech a normách je konkrétní spolehlivost jaksí skryta – při postupu podle těchto dokumentů míru spolehlivosti explicitně nestanovujeme. Projektant-statik tedy navrhne konstrukci a víceméně oprávněně věří, že když postupoval podle předpisů, spolehlivost navržené konstrukce bude adekvátní. Neví však, jak je tato konstrukce spolehlivá, chybí její kvantifikace. Nemůže tedy v tomto ohledu vyhodnocovat alternativy konstrukčních řešení, porovnávat, optimalizovat, popř. navrhnout konstrukci s nějakou specifickou, předem zadanou hodnotou míry spolehlivosti (která může být popsána teoretickou pravděpodobností poruchy, resp. indexem spolehlivosti, a odpovídá některému z mezních stavů). V Eurokódu 1 (EN 1990), který obsahuje základní pravidla pro navrhování nosných konstrukcí, jsou sice v dodatku uvedeny informativní hodnoty teoretické pravděpodobnosti poruchy, resp. indexu spolehlivosti, řada studií provedených v posledních letech však prokázala, že konstrukce navrhované podle těchto dokumentů vykazují značnou nevyrovnanost spolehlivosti. Bylo by jistě účelné, kdyby inženýr měl dostatečné znalosti o pravděpodobnostní problematice a mohl se lépe orientovat v různých návrhových situacích. Navíc eurokód připouští možnost navrhovat konstrukce pomocí **plně pravděpodobnostních metod**. Použití takových metod však vyžaduje znalost statistických a pravděpodobnostních postupů a také statistická hodnocení nejistot obsažených ve vstupních veličinách. To v praxi naráží mj. na zmíněnou nepřipravenost inženýrů a neexistenci závazných/doporučených podkladů. Řadu let již však na jejich přípravě pracuje mezinárodní komise JCSS (Joint Committee for Structural Safety – blíže viz www.jcss.ethz.ch) a není vyloučeno, že se tak v praxi bude postupovat.

- Pravděpodobně hlavním trendem světového stavebnictví se stala snaha o **trvale udržitelný rozvoj**, tj. nutnost zaměřit se na optimalizaci užžitných hodnot stavebního objektu a jeho ekonomické, energetické a ekologické (!) náročnosti [1]. Jde o minimalizaci nepříznivých vlivů stavebních činností na kvalitu života a prostředí z dlouhodobého hlediska. Je proto nutné mj. přihlížet k nákladům za **celý životní cyklus objektu** a konstrukce navrhovat již s ohledem na životnost. Součinnost ekonomických disciplín je nezbytná. V ČR se tak zatím neděje v potřebné míře – opět zejména v důsledku nepřipravenosti projekce, stavebního průmyslu (a také stavebníků!), tedy nejen inženýrů-statiků. I zde je totiž pravděpodobnostní přístup nutný [2], [3].

- Právě naznačený trend pak v dalších souvislostech vede k **přístupům Performance-Based**, které v nedávném období začaly nabývat na významu a jsou nyní ve středu zájmu výzkumných i profesních institucí na celém světě (viz úvod v [4]) a očekávají se podněty a zásadní dopady na konstruování staveb, jejich provádění i na obchodní postupy stavebních firem. Také tady vyvstává nutnost pracovat se statistickými a pravděpodobnostními kategoriemi. Nezastupitelné místo zde tedy bude mít **statistická, citlivostní a pravděpodobnostní analýza** a bude třeba pracovat s náhodnými veličinami, resp. s náhodnými poli.

- Další oblastí, v níž je nutné respektovat pravděpodobnostní kategorie a techniky, je **analýza rizika** [5], [2]. Užitečnost znalosti metod pravděpodobnostní analýzy zdůrazňuje mj. Evropská direktiva Seveso II [96/082/EEC], která zavedla povinnost vypracovávat analýzu rizik závažných havárií způsobených nebezpečnými chemickými látkami. Také z této direktivy vycházející český zákon č. 353/1999 Sb. ukládá povinnost předkládat každých pět let krajským úřadům tzv. bezpečnostní zprávu, jejíž součástí je právě analýza rizika. Uvádí se, že takových provozů je jen v České republice více než sedm set. Obdobnou povinnost tento zákon vyžaduje při stavebním řízení pro plánovanou výstavbu některých průmyslových objektů. Myslím si, že máme zatím jen velmi málo odborníků, kteří se mohou takové, po výtce multidisciplinární úlohy, úspěšně zhostit.

- Možnost porovnávat údaje o spolehlivosti a různých druzích rizika je potřebná také při **pojišťování** budov a průmyslových provozů; v zahraničí je to někde již běžné. Zde připomeňme zákon č. 353/1999 Sb., § 4(4), kde se praví „Výše pojistného musí odpovídat rozsahu možných škod ... ve schválené bezpečnostní zprávě ...“ – jinými slovy, pro většinu objektů chemického průmyslu by se tedy výše pojistného měla odvíjet od míry rizika, k jehož odhadu je možno dospět opět jen pravděpodobnostními postupy.

Z tohoto výčtu je jistě důležitost šíření znalostí souvisejících s pravděpodobnostními přístupy zřejmá. Jde totiž o to, abychom do našich analýz, **rozhodování** a při **řídicích činnostech** mohli zahrnout vliv nevyhnutelných/přirozených nejistot a neurčitostí.

Ještě do obecnějšího rámce tyto úvahy snad zařadí několik citací ze slavnostního projevu [6]:

– „... rostoucí význam neurčitosti ve vědě ...“;

- “přesná čísla byla nahrazena statistickými průměry a úlohu, kterou hrály v Newtonově mechanice analytické metody založené na kalkulu, převzaly ve statistické mechanice statistické metody založené na teorii pravděpodobnosti“;
- „... neurčitost může sehrát pozitivní roli při zkrocení jinak nevládnutelné složitosti ...“.

Výuka pravděpodobnostních disciplín v minulých letech

V našich zemích se s výukou teorie a aplikace spolehlivosti konstrukcí započalo na stavebních fakultách v osmdesátých letech. Jako nestora tohoto oboru lze jistě označit prof. M. Tichého, který na Stavební fakultě ČVUT začal přednášet již v roce 1975 (!) volitelný předmět Spolehlivost stavebních konstrukcí. Po několika přetržkách jsou již pravidelně, asi od šk. r. 1995/1996, jako volitelné na oborech konstrukce pozemních staveb, konstrukce a materiál zařazeny předměty pojednávající o spolehlivosti konstrukcí. Prvním učebním textem, a to velmi zdařilým, bylo v roce 1983 vydané skriptum [7], které se dočkalo řady dalších vydání; v roce 1998 pak byla na ČVUT vydána další učební pomůcka [8].

Na Stavební fakultě VUT v Brně lze zaznamenat pedagogické zařazení teorie spolehlivosti konstrukcí nejprve ve formě diplomové práce s názvem „Náhodné chování železobetonových konstrukcí“ v roce 1984 na tehdejší Katedře stavební mechaniky, později pak při školení vědeckých aspirantů a od šk. r. 1999/2000 též v rámci volitelných předmětů pro nejvyšší ročníky oborů konstrukce pozemních staveb a inženýrské konstrukce. V roce 1995 se podařilo do studijních plánů pro obor pozemní stavitelství zařadit pro 2. ročník povinný předmět Spolehlivost nosných stavebních konstrukcí (s výrazným příspěvkem také prof. J. Bradáče). Tento předmět kromě základů teorie spolehlivosti zahrnoval též informace o normách pro navrhování stavebních konstrukcí, o jejich „spolehlivostním“ teoretickém zázemí a o zatížení a jeho modelování; na výuce se podílely kromě ústavu stavební mechaniky také ústavy betonových a kovových konstrukcí. Vytvořila se též vhodná návaznost na úvod do matematické statistiky a teorie pravděpodobnosti, obsažené v předchozím semestru matematiky. Přestože rozsah výuky byl velmi omezený a organizačně náročný (1 hodina přednášek a 1 hodina cvičení, celkem 22 studijních skupin), byla tato výuka účelná a perspektivní. To se ostatně potvrdilo i při diskuzích na mezinárodním pracovním semináři v Japonsku, konaném u příležitosti založení Fakulty inženýrství Univerzity Kagawa v roce 1997 ve městě Takamatsu, kterého se na pozvání zúčastnili též někteří vyučující z Brna. Dva ze čtyř departmentů nové fakulty jsou tam zaměřeny na spolehlivost a pravděpodobnostní metody. V diskuzi s odborníky v podstatě z celého světa se ukázalo, že cesta nastoupená v Brně (tj. povinná výuka základů spolehlivosti pro všechny adepty inženýrského řemesla) je správná.

V důsledku přestavby studijních plánů na FAST VUT v Brně došlo ve šk. r. 1999/2000 ke změně, vznikl předmět Základy zkušebnictví a spolehlivost a na jeho výuce se podílely ústav stavební mechaniky, stavebnin a zkušebních metod a ústav radiační defektoskopie (ústavy betonových a kovových konstrukcí již nebyly zapojeny). Rozsah informace o problematice spolehlivosti byl výrazně omezen, organizačně se výuka ještě více komplikovala (střídání v laboratorních zkušebnictví, radiační defektoskopie a počítačových učebnách, prohloubily se obtíže při zajištění časové

návaznosti na přednášky). Přínosem byla možnost ukázat posluchačům realitu rozptylu fyzikálně mechanických vlastností stavebních materiálů, možnosti jejich laboratorního stanovení a druhy a vliv technologických i dalších imperfekcí (to je ostatně též propagováno ve studii strategie výuky [9] na základě zkušeností ve Francii); organizační a časové překážky však byly značné, stejně jako nároky na vyučující. Bohužel, od šk. r. 2001/2002 se již tento předmět na FAST v Brně nevyučuje.

Poznamenejme ještě, že v roce 1999 byl vydán učební text [10], od roku 2001 je k dispozici kniha P. Marka [11] (v angličtině), obsahující mj. množství praktických aplikací pravděpodobnostního posuzování konstrukcí. Užitečný je též text [12] (taktéž anglický, resp. německý).

Současný stav

Na Stavební fakultě v Brně se v současné době nevyučuje žádný povinný předmět z oblasti spolehlivosti, existují pouze volitelné předměty v nejvyšších ročníchích některých oborů magisterského studia a ve studiu doktorandském, zajišťované ústavem stavební mechaniky. Na tomto ústavu jsou také některé doktorandské práce, resp. témata závěrečných magisterských prací, směřována do této oblasti.

Na Stavební fakultě VŠB-TU v Ostravě je v magisterském studiu Průmyslové a pozemní stavitelství a Dopravní stavby zařazen ve 4. ročníku volitelný předmět Teorie spolehlivosti. Také ve školení doktorandů tato tematika našla významné místo. Výuka se zde opírá zejména o text a programové vybavení podle [11]. Dá se očekávat, že nově vznikající Fakulta bezpečnostního inženýrství v Ostravě bude tyto disciplíny pěstovat.

Na Dopravní fakultě Univerzity v Pardubicích jsou zařazeny předměty teorie pravděpodobnosti a statistika a spolehlivost v systémech jakosti.

Fakulta stavební ČVUT v Praze vyučuje (s poměrně vysokým kreditovým hodnocením) předmět Pravděpodobnost a matematická statistika; v bakalářském studiu je ve 3. ročníku naplánován povinný předmět Zatížení a spolehlivost (obory konstrukce a dopravní stavby, konstrukce pozemních staveb a management a ekonomie ve stavebnictví) [13]. V magisterském studiu pro některé profesní moduly pak jsou vy-psány předměty Spolehlivost stavebních konstrukcí či Spolehlivostní inženýrství a rizikové inženýrství.

Nadcházející období – náměty

Vzhledem k aktuálnosti a širokému spektru aplikací pravděpodobnostních disciplín v praxi se domnívám, že v nejbližší době musí dojít ve studijních plánech stavebních fakult (tam, kde se to doposud neděje v dostatečné míře) k zařazení či posílení relevantních předmětů:

- **bakalářského studia** většiny oborů, tj. nejen oborů konstrukcí staveb pozemních a dopravních, ale také oborů jako management, ekonomika, systémové inženýrství, inženýrství životního prostředí či podnikání a řízení ve stavebnictví. V těchto případech postačí pravděpodobně základní kurz (povinný!), ovšem opřený o solidní znalosti posluchačů z teorie pravděpodobnosti a matematické statistiky a reflektující též situaci v legislativě;

- **magisterských a inženýrských studií**, kde půjde o seznámení s pokročilejšími metodami a reálnými aplikacemi (přizpůsobenými podle oborů);

- **doktorandských studií** – rozvíjení a aktualizace znalostí s vazbou na odborné zaměření;

- informace o pravděpodobnostních přístupech **nesmí**

zůstat izolována v samostatných předmětech, ale návaznost a aplikace musejí být zmiňovány i v dalších předmětech budujících znalosti konstrukční, materiálové, ekonomické a manažerské;

● pro překlenutí současné nedostatečné informovanosti inženýrů v praxi bude vhodné zařadit do námětů **celoživotního vzdělávání** také odpovídající tematiku, pravděpodobně ve spolupráci s profesními organizacemi, jako jsou ČKAIT nebo ČSSI.

Závěrečné poznámky

Doufám, že laskavý čtenář mne po přečtení předchozího odstavce nezařadí mezi „prognostiky“ a také, že mi kolegové z mimobrněnských fakult odpustí případné nepřesné nebo neúplné informace, které zde o průběhu výuky a její „historii“ uvádím. Také doufám, že na všech stavebních fakultách budou výše popsané disciplíny brzy a hojně pěstovány – ostatně, na některých se to již děje. Pro české stavitelství zřejmě nebude „cesta do Evropy“ bez těchto nástrojů – podle mínění autora – úspěšná. Ve vyspělých státech je výuka tomuto trendu již vesměs přizpůsobena. Z obecného pohledu celá tato problematika totiž souvisí úzce s nutností **zajištění trvale udržitelného života**; z hlediska inženýra, projektanta či výrobce pak jde o **zajištění trvale udržitelné konkurenceschopnosti!**

Článek vznikl v rámci projektu č. 103/02/1161 GA ČR.

Literatura

- [1] Hájek, P.: Environmentální aspekty v navrhování betonových konstrukcí. Seminář „Koncepční návrh betonových konstrukcí 2002“, ČBS, Praha.
- [2] Teplý, B. – Bauer, K. – Křístek, V.: Problematika rizik a celkových nákladů stavebních objektů. [Sborník], konference „Betonářské dny 2000“, ČBS, Pardubice, s. 93–198.
- [3] Teplý, B. – Rovnaníková, P. – Keršner, Z.: Navrhování železobetonových konstrukcí s ohledem na životnost. Beton TKS, 2002, č. 6, s. 41–45.
- [4] Teplý, B.: Navrhování konstrukcí s ohledem na cílové vlastnosti. [Sborník], konference „Betonářské dny 2002“, Pardubice, ČBS, s. 150–153.
- [5] Tichý, M.: Rizikové inženýrství. Stavební obzor, 9/94, 9/95, 1/96.
- [6] Klir, G. J.: Mnoho tváří neurčitosti ve vědě. Projev při příležitosti převzetí titulu Doktor honoris causa na VUT v Brně. Události VUT, 1997, č. 7–8.
- [7] Tichý, M. – Vorlíček, V.: Spolehlivost stavebních konstrukcí. [Učební text], ČVUT Praha, 1983.
- [8] Holický, M.: Zásady ověřování spolehlivosti a životnosti staveb. [Učební text], Praha, Vydavatelství ČVUT 1998.
- [9] Breyse, D.: Teaching Materials to Civil Engineers: Risk and Safety, Experiments and Regulations. Materials and Structures, Vol. 32, January–February 1999, pp. 75–79.
- [10] Teplý, B. – Novák, D.: Spolehlivost stavebních konstrukcí. [Učební text], Brno, Akademické nakladatelství CERM 1999.
- [11] Marek, P. a kol.: Probabilistic Assessment of Structures. Praha, Ústav teoretické a aplikované mechaniky AV 2001.
- [12] Schneider, J.: Introduction to Safety and Reliability. IABSE Structural Eng. Documents 5, ETH Zurich, 1996.
- [13] Máca, J.: Stavební mechanika v nových studijních programech na ČVUT v Praze. Bulletin 2'02, Česká společnost pro mechaniku, s. 7–13.

Teplý, B.: On Instruction in the Theory of Reliability of Building Structures and Probability Approaches

The theory of reliability and the associated disciplines, such as stochastic analysis and its parts, namely statistical, sensitivity and probability analyses, have become the essential instruments in a number of activities, not only technical but also controlling, managerial, and others. However, the professional community is not familiar enough with the respective knowledge, and, consequently, it cannot be employed effectively where appropriate and necessary. Tuition at some universities, that is to say, shows little respect for the mentioned facts, which have not been included in continuing education courses for engineers, either. This article aims to describe the situation and, perhaps, to contribute to its improvement.

Teplý, B.: Über die Ausbildung in der Theorie der Zuverlässigkeit von Baukonstruktionen und der Wahrscheinlichkeitseinstellung

Die Theorie der Zuverlässigkeit und weiterer damit zusammenhängenden Disziplinen, wie es die stochastische Analyse und ihre Teile d.h. statistische, Empfindlichkeits- und Wahrscheinlichkeitsanalyse sind, werden zu unerlässlichen Instrumenten in einer Reihe von Tätigkeiten, nicht nur von technischen, sondern auch wirtschaftlichen, Führungs- und Managertätigkeiten und auch von weiteren. Dabei sind die dazugehörigen Kenntnisse der fachlichen Gemeinde nicht soweit bekannt, um sie genügend effektiv überall dort anzuwenden, wo es geeignet oder notwendig ist. Die Lehrtätigkeit an einigen Hochschulen und Technischen Universitäten respektiert jedoch diese Tatsachen nicht, und auch in Fortbildungslehrgängen für Diplomingenieure ist dieser Stoff bisher nicht enthalten. Dieser Artikel ist in dem Bemühen entstanden, die gegenwärtige Lage zu beschreiben und damit vielleicht auch zur Besserung derselben beizutragen.

VŠB TU Ostrava, ÚTAM AV ČR Praha a
Stavební fakulta TU Košice
pořádají

IV. ročník celostátní konference se zahraniční účastí
SPOLEHLIVOST KONSTRUKCÍ
posudek – poruchy – havárie

23. a 24. dubna 2003
Dům techniky Ostrava

Témata:

- výsledky mezinárodního kolokvia Euro-SiBRAM' 2002 konaného v Praze v červnu 2002
- poznatky o spolehlivosti konstrukcí vyplývající z rozboru havárií, následků teroristických akcí a ze závěrů dlouhodobého sledování konstrukcí
- rozvoj a aplikace metod posuzování spolehlivosti konstrukcí a při uplatnění simulační techniky z hlediska aplikovatelnosti v projekční praxi
- studentské práce z oboru spolehlivosti konstrukcí

www.fast.vsb.cz/science/conf.htm

Tepelné a vlhkostní vlastnosti vápenné omítky s přísadou metakaolinu

RNDr. Vratislav TYDLITÁT, CSc.

Ing. Aleš KUNCA

RNDr. Jaroslava DRCHALOVÁ, CSc.

prof. Ing. Robert ČERNÝ, DrSc.

ČVUT – Fakulta stavební

Praha

doc. RNDr. Pavla ROVNANÍKOVÁ, CSc.

VUT – Fakulta stavební

Brno

V článku je popsáno měření vlhkostní závislosti součinitele vlhkostní vodivosti, součinitele tepelné vodivosti a měrné tepelné kapacity vápenné omítky s přísadou metakaolinu, jež má pucolánové vlastnosti. Měření jsou pro účely srovnání současně provedena též na klasické vápenné omítce. Výsledky experimentů ukazují, že vápenná omítka s přísadou metakaolinu má výrazně nižší součinitel tepelné vodivosti a nižší součinitel vlhkostní vodivosti než klasická vápenná omítka.

Úvod

Vápenné omítky se v minulosti používaly jak v exteriéru, tak i v interiéru. Tento fakt je proto třeba respektovat i při rekonstrukcích historických budov. Klasické vápenné omítky mají ovšem nepříliš dobré mechanické vlastnosti a jsou málo odolné proti působení povětrnosti, a proto dochází snadno k jejich porušení. Jednou z možností, jak zlepšit mechanické vlastnosti vápenných omítek a přitom zůstat na bázi přírodních materiálů dostupných i v době jejich původního vzniku, je použití pucolánových přísad. V této práci byl zvolen metakaolin jako přísada do vápenné omítky s pucolánovými vlastnostmi.

U omítek se běžně měří mechanické vlastnosti. Jejich tepelné a vlhkostní vlastnosti se měří již podstatně méně často, i když pro konkrétní stavební konstrukci jsou srovnatelně důležité. Některé fyzikální vlastnosti historických malt je možno najít v [1] a [2], kde jsou využity metody tepelné analýzy a rentgenu. Měření tepelných a vlhkostních vlastností cementových malt a betonů jsou věnovány práce [3] až [6]. Tento článek se zabývá měřením tepelných a vlhkostních vlastností vápenné omítky s přísadou metakaolinu a porovnáním s vlastnostmi běžné vápenné omítky.

Metody měření vlhkostních a tepelných parametrů

Měření součinitele vlhkostní vodivosti

Součinitel vlhkostní vodivosti κ je transportní parametr charakterizující přenos kapalné vlhkosti u v porézní látce. Jednorozměrnou difúzní rovnicí pro přenos kapalné vlhkosti je možno napsat ve tvaru

$$\frac{\partial u}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(\kappa(u) \frac{\partial u}{\partial x} \right), \quad (1)$$

$$u = \frac{m_v - m_s}{m_s}, \quad (2)$$

kde m_v je hmotnost vlhkého a m_s je hmotnost suchého porézního vzorku.

Všechny přímé metody určování součinitele vlhkostní vodivosti, a to jak stacionární, tak nestacionární, využívají jednorozměrné difúzní rovnice. Obě skupiny metod vycházejí ze stejného experimentu, je nutné změřit vlhkostní profily, tj. určí se rozložení vlhkosti $u(x, t)$ po délce vzorku v daných časech. Obvyklé uspořádání experimentu je následující. Vzorek ve tvaru dlouhého hranolu (délka je v porovnání s ostatními dvěma rozměry řádově větší) je na jednom konci napájen vodou, druhý konec je vystaven působení vzduchu stejné relativní vlhkosti, jaká je v pórech vzorku na počátku experimentu. Při přenosu vlhkosti pouze v jednom směru je nutné zabránit odpařování vody na jeho zbývajících stěnách. To je zajištěno vodotěsnou a parotěsnou izolací vzorku po všech stranách kromě čel.

Pro většinu materiálů jsou vhodné nestacionární metody určování součinitele vlhkostní vodivosti κ [m^2s^{-1}]. Použití stacionárních metod je značně omezené jednak jejich časovou náročností a jednak principiální nepoužitelností v případě, že stacionární stav je totožný s homogenním provlhnutím vzorku.

Pro určení součinitele vlhkostní vodivosti κ jsme použili integrální metodu [7], [8]. Tato metoda je použitelná v případě, že máme k dispozici více křivek navlhání. Metoda je založena na dvojí integraci, podle prostorové souřadnice a času (ξ a t). Součinitel vlhkostní vodivosti se určuje pomocí vztahu

$$\kappa(v) = \frac{\int_0^{x_0(v,\tau)} d\xi u(\xi, \tau) - \int_0^{x_0(v,0)} d\xi u(\xi, 0) - v[x_0(v, \tau) - x_0(v, 0)] - Q(\tau)}{\int_0^\tau dt \frac{\partial u(x_0(v, t), t)}{\partial x}}, \quad (3)$$

kde $x = x_0(v, t)$ je hodnota souřadnice, pro níž vlhkost $u(x, t) = v$. Veličina $Q(\tau)$ představuje množství vody, které proniklo do vzorku délky l během doby navlhání τ

$$Q(\tau) = \int_0^l dx (u(x, \tau) - u_2), \quad (4)$$

kde u_2 je počáteční vlhkost vzorku.

Při měření vlhkostních profilů nezbytných pro určení součinitele vlhkostní vodivosti v této práci bylo jedno čelo tyče v kontaktu s vodou prostřednictvím viskózní houby, druhý konec byl vystaven působení vzduchu. Sání probíhalo ve vertikální poloze. V předem určených intervalech se měřila vlhkost podél vzorku s prostorovým krokem 5 mm. Tím byla získána křivka navlhání (vlhkostní profil), tj. rozložení vlhkosti v daném čase. Vlhkost vzorku byla určena nedestruktivně kapacitním vlhkoměrem [9] s elektrodami

ve tvaru paralelních rovinných desek o rozměrech 20 x 40 mm. Kalibrace byla provedena standardní gravimetrickou metodou pro každý vzorek zvlášť. S využitím poslední navlhčovací křivky jsme určili vlhkosti také gravimetrickou metodou. Vzorek byl rozřezán na dílky po 1 cm kolmo na směr šíření vlhkosti a údajům naměřeným kapacitním vlhkoměrem na tomtéž vzorku byla přiřazena hmotnostní vlhkost jednotlivých dílků.

Měření součinitele tepelné vodivosti

Měření součinitele tepelné vodivosti λ [$\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$] přístrojem ISOMET 2104 (Applied Precision, s.r.o., Bratislava) [12] je založeno na analýze průběhu časové závislosti teplotní odezvy na impulsy tepelného toku do analyzovaného materiálu [13]. Tepelný tok se vytváří elektricky, Jouleovo teplo vzniká na rezistoru zabudovaném v sondě. Sonda je v tepelném kontaktu s povrchem analyzovaného materiálu. Teplota materiálu se snímá polovodičovým nebo odporovým snímačem teploty, který je součástí sondy. Průběh teploty se sleduje a soustavou teplotních bodů v čase se prokládají regresní polynomy metodou nejmenších čtverců. Nalezené regresní polynomy slouží k výpočtu tepelné fyzikálních parametrů pomocí analytických vztahů získaných z integrálního optimalizačního kritéria. Splnění kritéria zabezpečuje maximální shodu regresního polynomu a analytické funkce, která je řešením matematického modelu šíření tepla ze sondy. Výsledkem měření jsou tepelné parametry materiálu. Lze měřit součinitel tepelné vodivosti λ [$\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$], objemovou měrnou tepelnou kapacitu c [$\text{J}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{K}^{-1}$], součinitel teplotní vodivosti a [$\text{m}^2\cdot\text{s}^{-1}$] a střední teplotu t_m [$^{\circ}\text{C}$], při které měření proběhlo. V našem případě jsme měřili pouze součinitel tepelné vodivosti. Pro ověření přístroje ISOMET 2104 jsme změřili součinitel tepelné vodivosti etalonového vzorku skla dodaného firmou Showa Denko s deklarovanou hodnotou $1,412 \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$. Přístrojem Shotherm firmy Showa Denko bylo v současnosti naměřeno $1,374 \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$, přístrojem ISOMET 2104 bylo naměřeno $1,363 \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$. Zjištěné hodnoty se tedy liší od deklarované hodnoty $1,412 \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$ o 2,6 %, resp. 3,6 %, což znamená v obou případech přijatelnou přesnost měření.

Kalorimetrické určení měrné tepelné kapacity

Měrná objemová tepelná kapacita omítek byla určena klasickou metodou směšovacího kalorimetru tvořeného Dewarovou nádobou s vodní náplní. Na přesném teploměru se odečítaly hodnoty s citlivostí 0,01 K. Kalorimetrická konstanta byla určena za shodných podmínek jako při měření, pomocí experimentu s množstvím horké vody o obdobné tepelné kapacitě, jakou měl vzorek. Měrná tepelná kapacita c [$\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$] byla stanovena podle vztahu

$$c = (K + m_1 c_1) \cdot (t - t_1) / [m_2 (t_2 - t)], \quad (5)$$

kde K je kalorimetrická konstanta, m_1 , c_1 hmotnost a měrná tepelná kapacita vody v kalorimetru, t , t_1 , t_2 jsou teploty kalorimetru se vzorkem po měření, kalorimetru před měřením a vzorku před měřením, m_2 hmotnost vzorku. Odhad přesnosti z reprodukovatelnosti měření je ± 2 %.

Měrná objemová tepelná kapacita vlhkých omítek byla vypočtena směšovací metodou podle vztahu

$$\rho c = \rho_0 c_0 + \rho_w c_w u, \quad (6)$$

kde ρc , $\rho_0 c_0$ je objemová tepelná kapacita vlhké, resp. suché omítky [$\text{J}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{K}^{-1}$], $\rho_w c_w$ je objemová tepelná kapacita vody [$\text{J}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{K}^{-1}$], u je hmotnostní vlhkost [kg/kg].

Testované materiály a použité vzorky

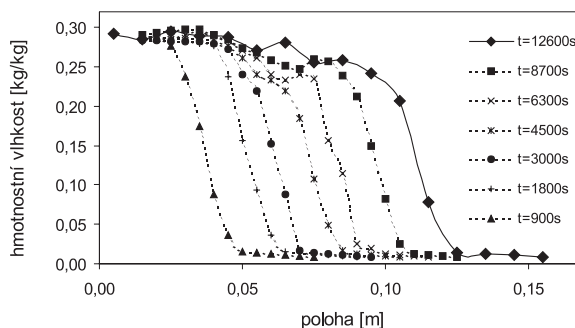
Ověřovány byly dva typy vápenných omítek – běžná vápenná (vápenný hydrát, písek a voda v poměru 1 : 3 : 1, v dalším označení R – referenční) a vápenná s pucolánovou přísadou (vápenný hydrát, pucolánově aktivní látka, písek a voda v poměru 1 : 1 : 3 : 1, v dalším označení P – pucolánová) po nejméně 28 dnech karbonatace na vzduchu. Vápenný hydrát s označením CL 90 byl z produkce CMV Mokrý. Použitý křemenný písek z lokality Tovačov měl spojitou křivku zrnitosti v mezích 0–4 mm. Jako přídatek pucolánově aktivní látky byl použit metakaolin MetaStar 501 (výrobce IMERYS, Velká Británie). Objemová hmotnost vysušených malt R , resp. P , byla $1\,642 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$, resp. $1\,386 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$, nasákavost 19,8 % hm., resp. 30,5 % hm.

Vzorky pro měření součinitele vlhkostní vodivosti měly tvar hranolů o rozměrech 20 x 40 x 296 mm. Plášť byl izolován fólií z PVC pro zajištění jednorozměrného přenosu vody. Měření součinitele tepelné vodivosti probíhalo na krychlových vzorcích o hraně 71 mm. Měrná tepelná kapacita byla stanovena na vzorcích hmotnosti 80 až 170 g.

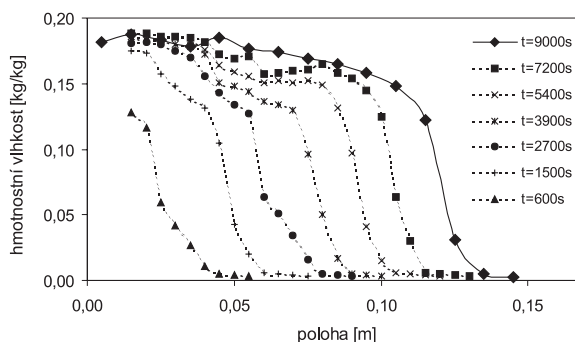
Experimentální výsledky

Součinitel vlhkostní vodivosti

Typické vlhkostní profily pro určení součinitele vlhkostní vodivosti jsou na obr. 1 a obr. 2. Integrovaná metoda byla aplikována v obou případech na všech sedm závislostí navlhání (časy zhruba od 10 minut do 3,5 hodiny). Šest prvních závislostí bylo měřeno nedestruktivně kapacitním vlhkoměrem, poslední také gravimetricky.

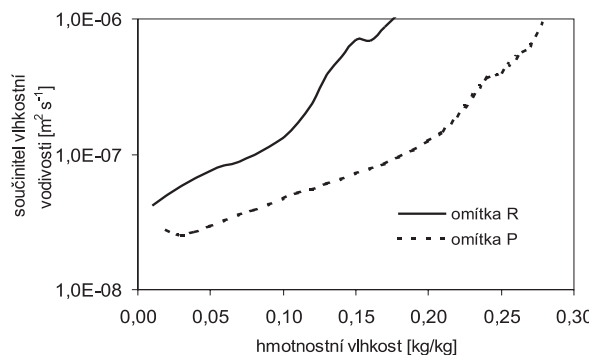


Obr. 1. Vlhkostní profily – vápenná omítka R



Obr. 2. Vlhkostní profily – vápenná omítka s pucolánovou přísadou P

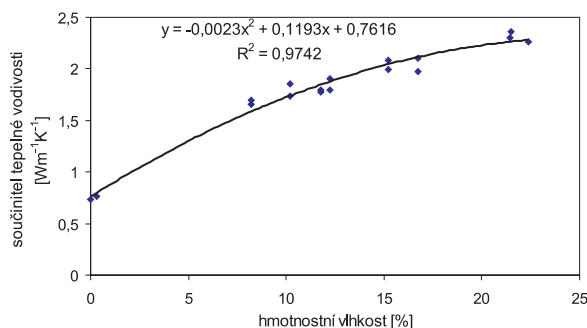
Zjištěné hodnoty vlhkosti byly aproximovány metodou lineární filtrace s gaussovskými vahami [10]. Hodnoty součinitele vlhkostní vodivosti byly určeny integrovanou metodou pro referenční omítku R v rozsahu 1–18 % (nasákavost 19,8 %), pro omítku s pucolánovou přísadou P v rozsahu 2–28 % (nasákavost 30,5 %). Výsledky jsou prezentovány na obr. 3.



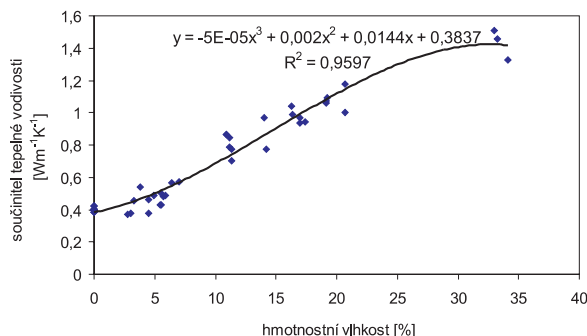
Obr. 3. Součinitel vlhkostní vodivosti vápenných omítek R a P

Součinitel tepelné vodivosti

Na obrázcích 4 a 5 jsou výsledky měření vlhkostních závislostí součinitelů tepelné vodivosti omítek referenční vápenné omítky R a vápenné omítky s pucolánovou přísadou P. Přesnost měření je patrná z rozptylu hodnot podél naměřených závislostí a dosahuje hodnot reprodukovatelnosti do cca $\pm 12\%$. Naměřený průběh je v prvním případě vyjádřen kvadratickou a ve druhém případě kubickou regresní funkcí. Je zde patrná strmá závislost součinitele tepelné vodivosti na vlhkosti. Součinitel tepelné vodivosti při nasycené vlhkosti je v prvním případě trojnásobný a ve druhém třiapůlnásobný proti hodnotě pro suchý materiál. Obě regresní funkce v okolí nasycené vlhkosti mají velmi malý sklon.



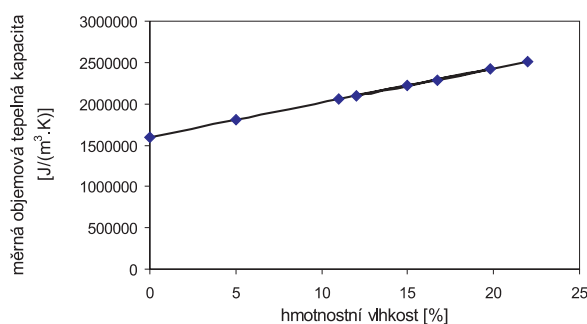
Obr. 4. Součinitel tepelné vodivosti vápenné omítky R v závislosti na vlhkosti



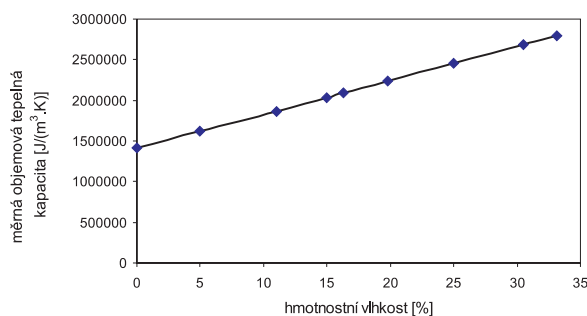
Obr. 5. Součinitel tepelné vodivosti vápenné omítky s pucolánovou přísadou P v závislosti na vlhkosti

Měrná tepelná kapacita

Měrná tepelná kapacita byla určena pomocí směšovacího kalorimetru pouze pro suché vzorky. Protože kalorimetrická měření vlhkých porézních látek jsou obvykle zatížena značnou chybou způsobenou odpařováním vlhkosti, určili jsme objemovou měrnou tepelnou kapacitu sledovaných omítek v závislosti na vlhkosti výpočtem podle vztahu (6). Jejich



Obr. 6. Měrná objemová tepelná kapacita vápenné omítky R v závislosti na vlhkosti



Obr. 7. Měrná objemová tepelná kapacita vápenné omítky s pucolánovou přísadou P v závislosti na vlhkosti

průběh je patrný z obr. 6 a obr. 7. Měrná tepelná kapacita suché vápenné omítky, resp. vápenné omítky s pucolánovou přísadou, byla 970,7, resp. 1 017 J.kg⁻¹.K⁻¹ s přesností $\pm 2\%$.

Diskuze

Pro součinitel tepelné vodivosti vápenné malty (1 600 kg.m⁻³) uvádí ČSN 730540 [11] hodnoty: charakteristickou při 0,8 % hmotnostní vlhkosti 0,7 W.m⁻¹.K⁻¹ a výpočtovou 0,87 W.m⁻¹.K⁻¹. Na obrázku 4 najdeme hodnoty: 0,73 W.m⁻¹.K⁻¹ pro suchou vápennou omítku a 0,87 W.m⁻¹.K⁻¹ pro vápennou omítku s vlhkostí 2 %. Měření jsou tedy v relativně dobré shodě s normovými hodnotami. Vápenná omítka s přísadou metakaolinu měla z hlediska součinitele tepelné vodivosti podstatně příznivější vlastnosti než běžná vápenná omítka, v suchém stavu byl její součinitel tepelné vodivosti zhruba poloviční a v plně nasyceném stavu zhruba o třetinu nižší. Tato pozitivní vlastnost je zřejmě důsledkem vyšší poréznosti, a tedy i nižší objemové hmotnosti omítky s přísadou metakaolinu.

Měrnou tepelnou kapacitu vápenné omítky při 0,8% hmotnostní vlhkosti uvádí norma [11] hodnotou 840 J.kg⁻¹.K⁻¹. Zjištěná hodnota pro suchou omítku je o 15 % vyšší. Důvod této odchylky není zřetelný, protože metoda směšovacího kalorimetru použitá v této práci je sice velice jednoduchá, ale také dosti přesná, a měření navíc ukázala velmi dobrou reprodukovatelnost. Omítka s přísadou metakaolinu měla měrnou tepelnou kapacitu v suchém stavu o cca 5 % vyšší než referenční vápenná omítka, což zřejmě souviselo s přidáním metakaolinu.

Součinitel vlhkostní vodivosti vápenné omítky není uveden v žádné normě, a navíc se měří relativně zřídka. Porovnání s jinými zdroji proto nebylo možné. Z porovnání dat v obr. 3 je zřejmé, že součinitel vlhkostní vodivosti byl u referenční vápenné omítky vyšší vzhledem k vápenné omítce s přísadou metakaolinu. Možným důvodem této

odchylky je, že gely CSH vytvořené v omítce s přísadou metakaolinu mohou vázat prostřednictvím van der Waalsových vazeb více molekul vody na stěnách pórů než uhličitán vápenatý přítomný v klasické vápenné omítce – v gelech je obsažen SiO_2 , který má stejnou polaritu vazby jako voda, což vytváří předpoklad pro navázání molekul vody.

Závěr

Měření ukázala, že přísadou metakaolinu do vápenné omítky je možné dosáhnout kromě vyšších hodnot mechanických parametrů, což je objektivně dáno zejména vytvářením pevných struktur na bázi CSH a hydratovaných hlinitanů vápenatých, také příznivějších tepelných a vlhkostních vlastností. Výrazně nižší hodnota součinitele tepelné vodivosti v porovnání s klasickou vápennou omítkou může přispět ke zlepšení tepelných vlastností obvodového pláště a k lepší ochraně materiálů nosné konstrukce před teplotními výkyvy, nižší hodnota součinitele vlhkostní vodivosti pak může poněkud ztlumit pronikání srážkové vody do nosné konstrukce.

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

Literatura

- [1] Moropoulou A. et al.: Characterization of Ancient, Byzantine and Later Historic Mortars by Thermal and X-Ray Diffraction Techniques. *Thermochimica Acta* 269 (1995) 779–795.
- [2] Bruni, S. et al.: Characterisation of Ancient Magnesian Mortars Coming from Northern Italy. *Thermochimica Acta* 2 (1998) 161–165.
- [3] Tydlitát, V. – Michalko, O.: Příspěvek k určení tepelné vodivosti betonu během tvrdnutí. *Stavební obzor*, 3, 1994, č. 3, s. 83–87.
- [4] Drchalová, J. – Černý, R.: Teplotní závislost součinitele vlhkostní vodivosti vysokopevnostních betonů. *Stavební obzor*, 8, 1999, č. 8, s. 240–242.
- [5] Švejda, M. – Koronthaliová, O.: Vlastnosti polymercementových malt. *Stavební obzor*, 8, 1999, č. 10, s. 306–308.
- [6] Totová, M. – Toman, J. – Černý, R. – Klečka, T.: Tepelné fyzikální vlastnosti cementové malty při tepelném a tlakovém namáhání. *Stavební obzor*, 9, 2000, č. 5, s. 148–150.
- [7] Drchalová, J.: Nestacionární metoda určování součinitele vlhkostní vodivosti. [Dizertace CSc.], ČVUT, Praha, 1983.
- [8] Drchalová, J. – Černý, R.: Non-Steady-State Methods for Determining the Moisture Diffusivity of Porous Materials. *Int. Comm. in Heat and Mass Transfer*, 25(1998), 109–116.
- [9] Semerák, P. – Černý, R.: Kapacitní metoda měření vlhkosti stavebních materiálů. *Stavební obzor*, 6, 1997, č. 4, s. 102–103.
- [10] Hamming, R. W.: *The Numerical Methods for Scientists and Engineers*. New York, McGraw-Hill 1962.
- [11] ČSN 730540-3 Tepelná ochrana budov. Část 3 – Výpočtové hodnoty veličin pro navrhování a ověřování. ČSN, 1993.
- [12] Davis, W. R.: Determination of the Thermal Conductivity of Refractory Insulating Materials by the Hot-Wire Method. *Thermal Transmission Measurements of Insulation*. ASTM STP 660, R.P. Tye, Ed., American Society for Testing and Materials. 1978, pp. 186–199.
- [13] ISOMET 2104. Bratislava, Applied Precision Ltd. 2000.

Tydlitát, V. – Kunca, A. – Drchalová, J. – Černý, R. – Rovnaníková, P.: *Thermal and Hygric Properties of Lime Plaster with Metakaolin Admixture*

This paper outlines measurements of moisture dependent moisture diffusivity, thermal conductivity and specific heat capacity of lime plaster with metakaolin admixture having pozzolanic properties. At the same time, experiments with common lime plaster were also done. Experimental results show a significant decrease of thermal conductivity and decrease of moisture diffusivity of lime plaster with metakaolin compared to common lime plaster.

Tydlitát, V. – Kunca, A. – Drchalová, J. – Černý, R. – Rovnaníková, P.: *Thermische und Feuchtigkeitsseigenschaften von Kalkputz mit Metakaolin-Zusatz*

Im Artikel wird die Messung der Feuchtigkeitsabhängigkeit des Feuchtigkeitsleitkoeffizienten, der Wärmeleitfähigkeit und der Wärmekapazität eines Kalkputzes mit Zusatz von Metakaolin, das Puzzolaneigenschaften hat, beschrieben. Die Messungen werden zu Vergleichszwecken gleichzeitig auch an klassischem Kalkputz vorgenommen. Die Ergebnisse der Versuche zeigen, dass Kalkputz mit Metakaolin-Zusatz eine deutlich niedrigere Wärmeleitfähigkeit und einen niedrigeren Feuchtigkeitsleitkoeffizienten als klassischer Kalkputz hat.

Soubor předpisů bytového práva

Oehm, J. – Oehm, P.

Nakladatelství ARCH, Praha, 2002, I. díl – 368 s., 380 Kč; II. díl – 560 s., 490 Kč (I. a II. díl – 750 Kč)

Bytové právo je „komplexní právní odvětví“, do kterého lze zahrnout kromě částí občanského a obchodního práva, tvořících základ bytového práva, též části dalších právních odvětví. První díl obsahuje předpisy ústavního práva, občanského a obchodního práva. Je souhrnem právních norem, které jsou účinné od 1. ledna 2002, s výjimkou vyhlášky č. 176/1993 Sb., o nájemném, jejíž platnost skončila dnem 31. 12. 2001 na základě Nálezu Ústavního soudu ČR, který byl publikován pod č. 231/2000 Sb. I tento náleze je pro svou závažnost a vzhledem k velkému rozsahu jeho vlivu na všechny cenově regulované nájemní vztahy do publikace zařazen. Je zde zařazeno i několik dalších právních předpisů, jejichž text byl ve Sbírce zákonů publikován v období leden až duben 2002.

Druhý díl obsahuje vybrané předpisy (buď v úplném znění, nebo jejich výňatky) finančního práva, správního a trestního práva. Jsou zde zařazeny nejen předpisy platné k 1. lednu 2002, ale i řada předpisů dalších, které byly publikovány ve Sbírce zákonů v období leden až květen 2002. Nepodařilo se však již zařadit zákon č. 150/2002 Sb. správní řád soudní. Naopak bylo doplněno nařízení vlády č. 249/2002 Sb., o podmínkách poskytování příspěvků k hypotečnímu úvěru osobám mladším 36 let.

● zprávy

Technický a zkušební ústav stavební jubilentem

Technický a zkušební ústav stavební Praha, s. p., je po celé období svého trvání v zakladatelské působnosti Ministerstva průmyslu a obchodu oceňován jako prosperující státní podnik, který získal pozici uznávané autorizované osoby v oblasti státního zkušebnictví. Prošel složitým vývo-



jem v různých společenských podmínkách a systémech poskytování služeb, ale navzdory všem překážkám, úskalím a legislativním změnám dokázal vždy zachovat to nejpodstatnější, co se očekává od dobrého zkušebního ústavu, tj. vysokou odbornost, profesionalitu, nestrannost a důvěryhodnost, pokračování v ná-

rodních tradicích, ale i aktivní zapojení v řadě mezinárodních profesních sdružení.

Posláním této největší akreditované české zkušební a certifikační organizace v oblasti stavebnictví je ochrana veřejněprávních zájmů při uvádění stavebních výrobků na trh a při realizaci staveb v České republice. Významná je i technická pomoc projektantům, investorům, výrobcům a dovozcům stavebních materiálů, stavebním firmám, majitelům a správcům stavebních objektů. Rozhodujícím hlediskem je kvalita, bezpečnost a ekologická nezávadnost.

Široký rozsah a kvalita poskytovaných služeb stojí na pevných základech padesátileté tradice ústavu, který byl založen v roce 1953 tehdejším Ministerstvem stavebního průmyslu sloučením stavebních zkušeben. V roce 1968 byl autorizován jako státní zkušebna pro stavební materiály a výrobky (nyní Autorizovaná osoba 204). Následně od Ministerstva spravedlnosti obdržel soudně znalecké oprávnění, byl pověřen provozováním Energetického konzultačního a informačního střediska se specializací na energetiku budov, fyziku staveb a zateplovací technologie. V průběhu let získal akreditaci k výrobkové certifikaci, certifikaci systémů jakosti, environmentálního managementu a nezávislé inspekční činnosti. V bývalých krajích má akreditované zkušební laboratoře, v Praze pak ještě autorizované metrologické středisko K 28 a akreditovanou kalibrační laboratoř. Při pobočce Technicko-inženýrské služby, která vyvíjí pro TZÚS i jiné zákazníky špičková jednoúčelová zařízení, působí na základě dlouholetých vztahů výhradní zastoupení renomované švýcarské firmy PROCEQ SA, vyrábějící přístroje pro nedestruktivní zkoušení. Pro

dokonalější zabezpečení služeb byla v předcházejícím roce rozšířena autorizace ústavu i o požární bezpečnost staveb.

Dnešní Technický a zkušební ústav stavební Praha, s. p., je již dlouhodobě ekonomicky stabilní, ambiciózní podnik, který zná své cíle, plní řadu významných funkcí ve vnitrostátním i mezinárodním měřítku a drží krok s evropskými a světovými trendy. V minulých letech zdárně překonal řadu problémů a různých snah, avšak nyní úzce spolupracuje s řadou významných organizací a státních institucí a jeho služby využívá v záležitostech stavebnictví i Ministerstvo průmyslu a obchodu ČR.

V mezinárodním měřítku je TZÚS již řadu let zapojen do činnosti odborných institucí Evropské komise (EOTA, AGNB CPD) a oborových evropských i světových sdružení (CQS, WFTAO, UEAtc, ENBRI) a aktivním členstvím si vytváří podmínky pro plnohodnotné partnerství jak v oblasti zkušebnictví, schvalování, tak i výzkumu, s renomovanými institucemi v rámci Evropského společenství. V loňském roce byl jmenován Notifikovanou osobou 1020 pro obory výtahy a jejich komponenty a elektrotechnické výrobky nízkého napětí.

Společně s Technickým a zkušebním ústavem stavebním v Bratislavě (delimitovaným z původně jednotného ústavu v Praze s pobočkou v Bratislavě) založil mezinárodní sdružení certifikačních orgánů dalších štátů ECI ICE, které zabezpečuje vydávání národních certifikátů na základě vzájemného uznávání výsledků zkoušek a dohledů (v současné době jsou členy LGA Norimberk, EMI Budapešť, IGH Záhřeb a ZAG Lublaň).

Zvyšování odbornosti pracovníků i zabezpečení špičkového technického a zkušebního vybavení předepsaného postupně přebíranými evropskými normami probíhá tak, aby se podpisem sektorové přílohy PECA pro stavební výrobky nebo nejpozději vstupem ČR do Evropské unie mohl ústav uplatnit jako notifikovaná osoba s evropskou působností v plném rozsahu.

Investoři, projektanti, stavební firmy, výrobci a prodejci stavebních materiálů si budou muset postupně zvyknout i na aplikaci označení CE u některých stavebních výrobků uváděných na trh místo dosud běžně používaného Prohlášení o shodě. Takto označeno přijde postupně na trh i mnoho dovážených výrobků bez nutnosti dalšího posouzení shody v ČR tak, jak je tomu již nyní v jiných oborech. Z toho vyplývá i další nezanedbatelný úkol pro pracovníky TZÚS z hlediska osvěty.

Tisková informace

Poruchy a životnost nosných konstrukcí

Arcibiskupský seminář, Thákurova 3, Praha 6

Informace:

Studio AXIS, spol. s r. o., Korunní 106, 101 00 Praha 10,
tel./fax: 271 732 095, e-mail: stdaxis@attglobal.net

• zprávy

Nová továrna na automobilové součástky

Poklepem na základní kámen zahájili koncem ledna v Unhošti představitelé japonské firmy Furukawa stavbu výrobního areálu, v němž bude její česká pobočka vyrábět a kompletovat automobilové součástky. V závodě, který má být dokončen do června tohoto roku, najde práci více než 200 lidí. Kontrakt v hodnotě přibližně 80 mil. Kč zahrnuje kromě stavby i projektovou přípravu, kolaudaci a asistenci při zkušebním provozu.

Závod vyrostе v jižní části průmyslové zóny mezi městem Unhošť a osadou Fialka v dostatečné vzdálenosti od obytných objektů. Oblast bude



napojena na nově vybudovanou rychlostní komunikaci Karlovarská a plánovaný obchvat Unhoště s tím, že veškerá doprava v souvislosti s průmyslovou zónou bude vedena mimo obytnou zástavbu. Hlavní objekt bude rozdělen na výrobní a expediční halu a sociálně administrativní přístavek s jídelnou a kanceláři s vlastním sociálním zázemím. Objekt bude přístupný i pro osoby s omezenou schopností pohybu a orientace. Produkce závodu bude rozdělena na výrobu a montáž otočných vodičů do volantu osobních automobilů (SRC) a výrobu plastových komponent SRC odléváním.

Tisková informace

Wienerberger Cihlářský průmysl, a. s., pod záštitou Ministerstva pro místní rozvoj ČR, ve spolupráci se Státním fondem rozvoje bydlení, Vydavatelstvím BertelsmannSpringer CZ jako mediálním partnerem a Českou energetickou agenturou, Českou komorou architektů, Českou komorou autorizovaných inženýrů a techniků, Českým svazem stavebních inženýrů, Fakultou stavební ČVUT, Ministerstvem průmyslu a obchodu ČR a Obcí architektů, vyhlásil 5. ročník veřejné anonymní architektonické soutěže pro architekty, projektanty a studenty, pro letošní rok pod názvem

O nejlepší rodinný dům pro bydlení v příměstských oblastech a na venkově z cihlového systému POROTHERM 2003

Účelem a posláním je získat kvalitní projekty rodinných domů pro bytovou výstavbu v příměstských oblastech a na venkově, jejichž základním rysem jsou nízké náklady provozu, vysoká úroveň pohody bydlení a nízká energetická náročnost. Projekty pro domy technicky vyspělé, materiálově kvalitní, energeticky úsporné, estetické, cenově výhodné jak z hlediska výstavby, tak i z hlediska užívání. Projekty, které využívají v architektonickém a projektovém řešení možnosti, které kompletní cihlový systém POROTHERM nabízí.

Navrhované či realizované domy – celá stavba musí být řešena v kompletním cihlovém systému POROTHERM (včetně malt a omítek), v modulové koordinaci 250 x 250 mm, celková cena bez DPH rodinného domu nesmí přesáhnout 2 500 000 Kč (bez pozemku a bez připojení na inženýrské sítě). Minimální cena 1 m³ stavby je stanovena na 3 200 Kč. Rodinný dům musí charakterizovat nízká energetická náročnost. Soutěže se mohou účastnit fyzické a právnické osoby včetně jejich sdružení.

Zlatá cena POROTHERM 2003 byla vypsána ve výši 200 000 Kč, Stříbrná cena ve výši 150 000 Kč, Bronzová cena ve výši 100 000 Kč, Cena POROTHERM 2003 ve výši 50 000 Kč, Zvláštní cena POROTHERM 2003 ve výši 40 000 Kč, Zvláštní cena Ministerstva pro místní rozvoj, Zvláštní cena Státního fondu rozvoje bydlení a Zvláštní cena Vydavatelství BertelsmannSpringer CZ budou uděleny ve výši 50 000 Kč.

Uzávěrka soutěže je stanovena na 13. června 2003.

Soutěžní podmínky lze získat na adrese: Wienerberger Cihlářský průmysl, a. s., odd. marketingu, paní Dana Prokešová, Plachého 388/28, 370 46 České Budějovice, tel.: 387 766 111; fax: 387 766 315; e-mail: info@wienerberger.cz a v sekretariátu soutěže: PhDr. Václav Chaloupecký – KOMUNIKACE & PROFIT, Revoluční 8, budo-va C, 110 00 Praha 1, tel.: 296 785 700; fax: 296 785 701; záznamník tel.: 272 659 532; e-mail: komunikace.pr@volny.cz

● zprávy

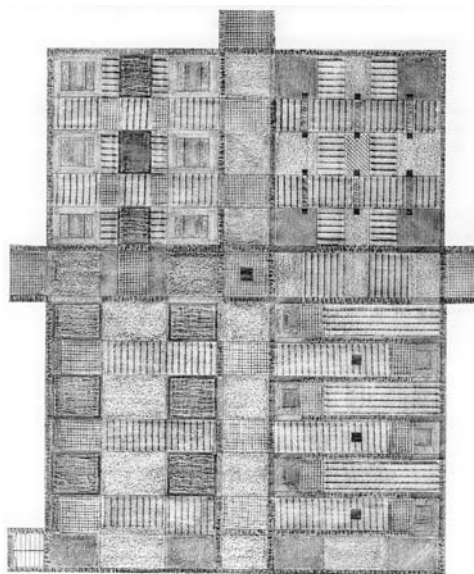
Přírodní kámen pro krásu i k užitku

Kámen je produktem přírody, který se tvořil v dávné minulosti. A skutečností je, že zde také bude dlouho po nás. Možná právě pro jeho neznitelnost, bezesporné vlastnosti a trvanlivost si jej člověk zvolil jako součást svého bytí. Obklopuje nás téměř všude v běžném životě, v interiérech, exteriérech, používáme jej jako doplňky aj. Jako oslavu kamene lze považovat každoročně konaný mezinárodní veletrh Marmomacc. Brány veronského veletržního areálu v říjnu přivítaly návštěvníky z celého světa s nabídkou přehlídky mramoru té nejvyšší kvality, přírodního i technického kamene, strojů na zpracování kamene i výrobků a různých komponentů. Již několik let si tento veletrh udržuje pověst největší akce svého druhu na světě, neboť překonal co do počtu vystavovatelů, návštěvníků i velikosti výstavní plochy přehlídku kamene v Las Vegas. Každým rokem téměř periodicky vzrůstá zájem jak vystavovatelů, tak i návštěvníků.

Pravidelnou součástí veletrhu jsou semináře, přednášky, ale i soutěže. Zajímavou akcí loňského ročníku byla soutěž „Využití kamene v exteriéru“ pořádaná Maďarským národním cechem kameníků. Spoluorganizátorem bylo Ministerstvo národního kulturního dědictví Maďarska, výrobci umělého kamene a Katedra občanských staveb Technické univerzity v Budapešti. Cílem soutěže bylo najít nové myšlenky a návrhy ve zpracování a využití kamene z domácích zdrojů. Po vyhodnocení došlých prací se odborná porota rozhodla udělit nejvyšší ohodnocení 26leté studentce Fakulty architektury Technické univerzity v Budapešti.

Reka Kapovitz se do soutěže přihlásila, protože ji svět kamene velmi zaujal. V projektu se zaměřila na zrakově a sluchově postižené. A proč? Jak sama říká: „Protože si myslím, že přírodní kámen je překrásné médium, vhodné pro orientaci nevidomých lidí, kteří mají jednoznačně optimálně ke svému handicapu vyvinutý hmatový smysl. Užila jsem různé typy a techniky dokončení kamene a zaměřila se kromě estetických kroků i na oblast funkční. Konkrétně se v mém projektu jedná o zahradu románského katolického soukromého domu pro nevidomé a zrakově postižené. Zahrada je především věnována asi 50 dětem, neslyšícím a nevidomým dospělým lidem a jejich ošetřujícímu personálu. Dveře jsou však někdy otevřené také pro více než 100 tisíc zrakově postižených lidí v celonárodním měřítku.“ Autorka dále dodává: „Hodlám vylepšit orientaci návštěvníků

v areálu za pomoci různě rozlišených kamenných ploch, uživatelé by se tak mohli pohybovat bez stálé asistence. Pomocníkem bude i reliéfová mapa umístěná na přední stěně všech vchodů. Další nespornou roli hrají smyslové expozice jako vůně květin a hlasově akustický efekt“.



Plocha je dělena dvěma křížicemi se 2,5 m širokými cestami, tvořícími čtyři kvadranty, které mají speciální vlastnosti a funkce pro neslyšící/nevidomé:

- I. kvadrant bude tvořen hlavní venkovní plochou ručních řemesel, s centrálním bazénem z přírodního kamene hlubokým 20 cm. Důležitou složkou bude vegetace u vstupu a zadní centrum. Nebude chybět ani šest až osm kamenných laviček s kamennými stoly na obou stranách;
- II. kvadrant bude věnován expozici soch vyrobených uživateli objektu;
- III. kvadrant je koncipován ve tvaru „L“, bude částečně zakrytý, dlouhý 1,3 m, s prostorami pro setkávání a komunikaci;
- IV. kvadrant bude expozicí vůní a exotických květin, součástí budou vodní fontány s množstvím květin.

Projekt by měl být realizován v příštím roce.

Tisková informace

Stavební zákon v otázkách, odpovědích a soudní praxi

Kumprecht, P.

ASPI Publishing, s.r.o., Praha, 2002, 200 s., brož. 350 Kč

Pokud hledáte publikaci, která by umožnila bez dlouhých teoretických výkladů proniknout přímo do problémů upravených stavebním zákonem, je to tato kniha. Sporné otázka zde nekončí vyslovením, ale až jejich vyřešením. V knize je soustředěna dlouholetá zkušenost autora, který se zabývá stavebním právem více než čtvrt století, z toho v posledním desetiletí jako soudce krajského soudu na úseku správního soudnictví. Pro výklad problémů zvolil čtenářsky přístupnou formu otázek a odpovědí. Příslušný právní problém rozvíjí tak, že odpovídá i na všechny významné otázky související, čímž poskytuje čtenáři vyčerpávající odpověď. Otázky zahrnuté do publikace, které souvisejí s územním plánováním, územním řízením, povolováním staveb a jejich užíváním, prošly pečlivým výběrem a jsou praktickou rukověť pro všechny, kteří se zabývají danou problematikou. Zvláštní pozornost je věnována nepovoleným stavbám a sankcím za ně. Součástí publikace je aktuální znění zákona č. 50/1976 Sb., o územním plánování a stavebním řádu (stavebního zákona), který umožňuje porovnání odpovědí na jednotlivé otázky s příslušnými zákonnými ustanoveními.

STAVEBNÍ OBZOR

ROČNÍK 12 ČÍSLO 5/2003

Navigace v dokumentu

OBSAH

Witzany, J. – Čejka, T. – Zigler, R. Únosnost tlačených zděných pilířů	129
Witzany, J. – Čejka, T. – Hruška, A. Statická bezpečnost prefabrikovaných stěnových systémů vícepodlažních budov při působení účinků mimořádných zatížení	136
Padevět, P. Mechanické vlastnosti betonu za vyšších teplot	145
Makovička, D. – Studničková, M. – Makovička, D. jr. – Korbelář, J. Dynamický tlumič na lávce pro chodce	149
Vodák, F. – Semerák, P. – Vydra, V. Program CESAR-LCPC pro numerické modelování mechanických a termodynamických jevů	156

5 • 2003

ročník 12

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	CONTENTS	INHALT
Witzany, J. – Čejka, T. – Zigler, R. Únosnost tlačených zděných pilířů 129	Witzany, J. – Čejka, T. – Zigler, R. The Load-Bearing Capacity of Pushed-In Masonry Piers 129	Witzany, J. – Čejka, T. – Zigler, R. Tragfähigkeit druckbeanspruchter gemauerter Pfeiler 129
Witzany, J. – Čejka, T. – Hruška, A. Statická bezpečnost prefabrikovaných stěnových systémů vícepodlažních budov při působení účinků mimořádných zatížení . . . 136	Witzany, J. – Čejka, T. – Hruška, A. Structural Safety of Prefabricated Wall Systems of Multi-Storey Buildings under Extreme Loading Effects 136	Witzany, J. – Čejka, T. – Hruška, A. Statische Sicherheit vorgefertigter Wandsysteme mehrgeschossiger Gebäude bei der Einwirkung außerordentlicher Belastungen 136
Padevět, P. Mechanické vlastnosti betonu za vyšších teplot 145	Padevět, P. Mechanical Properties of Concrete at Higher Temperatures 145	Padevět, P. Mechanische Eigenschaften von Beton bei höheren Temperaturen 145
Makovička, D. – Studničková, M. – Makovička, D. jr. – Korbelář, J. Dynamický tlumič na lávce pro chodce 149	Makovička, D. – Studničková, M. – Makovička, D. jr. – Korbelář, J. Dynamic Absorber on a Footbridge 149	Makovička, D. – Studničková, M. – Makovička, D. jr. – Korbelář, J. Dynamischer Schwingungstilger an einer Fußgängerbrücke 149
Vodák, F. – Semerák, P. – Vydra, V. Program CESAR-LCPC pro numerické modelování mechanických a termodynamických jevů 156	Vodák, F. – Semerák, P. – Vydra, V. CESAR-LCPC Program for Numerical Modelling of Mechanical and Thermodynamic Phenomena 156	Vodák, F. – Semerák, P. – Vydra, V. Das Program CESAR-LCPC für numerische Modellierung mechanischer und thermodynamischer Erscheinungen 156

REDAKČNÍ RADA

Předseda:

prof. Ing. Jiří STUDNIČKA, DrSc.

Místopředseda:

doc. Ing. Alois MATERNA, CSc.

Tajemníci:

doc. Ing. Milan KAŠPAR, CSc.

doc. Ing. Jindřich ŠMEJČKÝ, CSc.

Členové:

Ing. Miroslav BAJER, CSc.

doc. Ing. Pavel HÁNEK, CSc.

Ing. Jiří HIRŠ, CSc.

Ing. Ivan HRDINA

doc. Ing. Vladimír JELÍNEK, CSc.

Ing. Miroslav JEŽEK, CSc.

doc. Ing. Miroslav KAUN, 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.

prof. Ing. Adolf PATERA, DrSc.

doc. Ing. Miloslav PAVLÍK, CSc.

prof. Ing. J. PROCHÁZKA, CSc.

doc. Ing. Vlastimil STARÁ, CSc.

Ing. Karel SVOBODA

doc. Ing. Jiří VÁŠKA, 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
tisku 3. 4. 2003. Nevyžádané rukopisy se nevracejí.

INDEX 47 755, ISSN 1210-4027

Únosnost tlačných zděných pilířů

prof. Ing. Jiří WITZANY, DrSc.
Ing. Tomáš ČEJKA, PhD.
Ing. Radek ZIGLER
ČVUT – Fakulta stavební
Praha

Změna vlhkosti způsobuje kromě prvotních objemových změn i změny mechanických a fyzikálních vlastností poréznicích materiálů, zejména modulu pružnosti, pevnosti, součinitele tepelné vodivosti, objemovou hmotnost, součinitele tepelné roztažnosti apod. Může být příčinou změn mineralogických, chemických, degradace a rozpadu struktury (např. pojiva, cihel, kamene). Proměnlivá cyklická vlhkost ovlivňuje postupnou degradaci (znehodnocování) jí vystavených materiálů a konstrukcí. Předmětem článku je studium vlivu kvality zdiva, vlhkosti a sanačních metod na únosnost tlačných zděných pilířů.

se do prvku vnášelo ocelovou deskou uloženou do sádrového lože se stupňovitě vzrůstajícími zatěžovacími kroky cca 30 kN, s odtěžováním na základní hodnotu 30 kN (obr. 2). Ve třech úrovních na povrchu a ve středu prvku byla vážkovou metodou stanovena hmotnostní vlhkost (obr. 3).

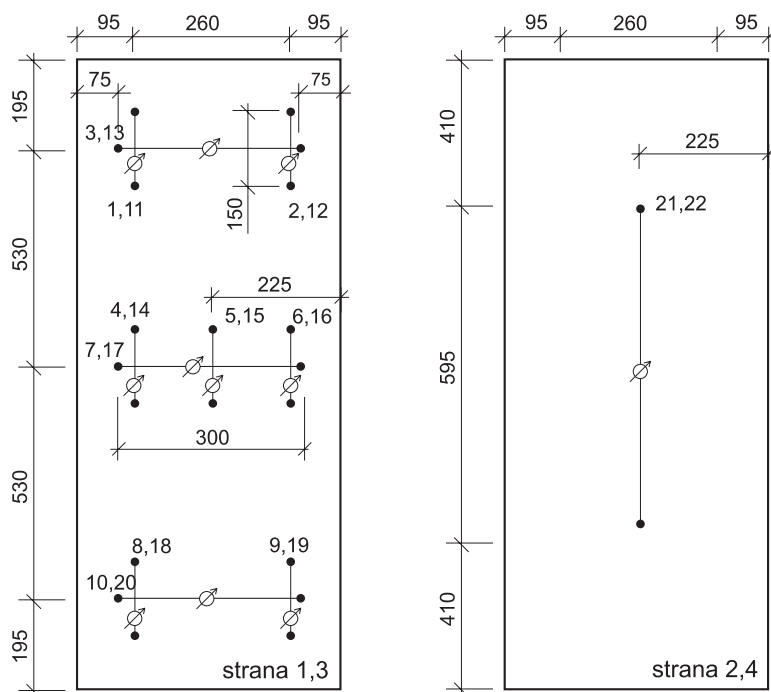
V tabulce 1 a na obrázcích 4 až 7 jsou uvedeny dílčí výsledky výzkumu a grafické porovnání hodnot získaných experimentálně [1] a vypočtených podle [6], [7], popř. výsledky výzkumu vlivu vlhkosti na pevnost R a modul pružnosti E cihel P15 a P30 porovnané s vypočtenými podle [2], [3], [4] a [5].

Vliv vlhkosti na únosnost a přetváření zdiva v tlaku

Výzkum [1], navazující na [2], [5], byl zaměřen na ověření vlastností pilířů z plných cihel P15 rozměrů 450 x 450 x 1 440 mm zděných na vápennou maltu MV1. Tloušťka ložných i styčných spár byla 15 mm. Pilíře, postupně vlhčené rohožemi, byly na všech stranách osazeny snímači přetvoření (obr. 1) ve svislém i vodorovném směru. Zatížení

Výsledky výzkumu

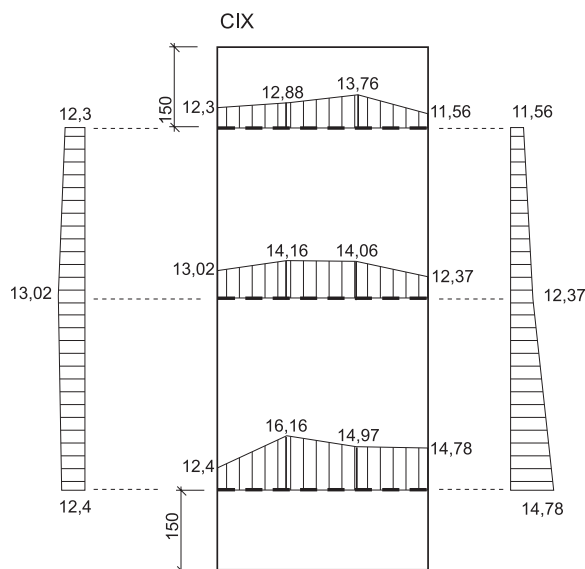
Výzkum prokázal pokles únosnosti pilířů s narůstající vlhkostí až na 60 % při vlhkosti 16 % hmotnostních proti únosnosti 100 % při vlhkosti 3,5 % hmotnostních (obr. 4). Relativní pokles experimentálně stanovené únosnosti zdiva v tlaku v závislosti na vlhkosti zdiva je v souladu s relativním poklesem stanoveným podle [7] i s výsledky výzkumu vlivu vlhkosti na pevnost R a modul pružnosti E cihel P15 a P30 [2], [5], přičemž pro vlhkost 16 % je relativní pokles experimentálně stanovených hodnot výrazně nižší (cca o 30 %) proti únosnosti stanovené podle normy [7] (obr. 7). V souladu



Obr. 1. Osazení pilířů snímači přetvoření



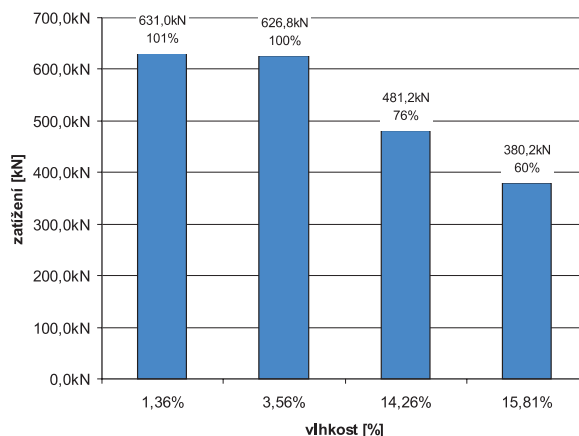
Obr. 2. Porušení tlačného zděného pilíře po dosažení mezního zatížení



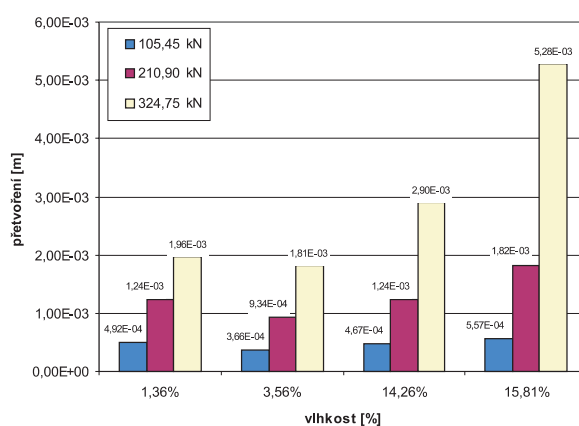
Obr. 3. Průběh vlhkosti po výšce a průřezu zděného pilíře (CIX)

du s průběhem závislosti $R \times w$ [2] je tento pokles únosnosti (k únosnosti 100 % při vlhkosti do 5 %), vypočtený z experimentálně zjištěné pevnosti cihel P15 pro hmotnostní vlhkost 16 %, výrazně nižší než relativní pokles experimentálně stanovené únosnosti zděných pilířů s hmotnostní vlhkostí 16 % a pokles únosnosti stanovené podle [7].

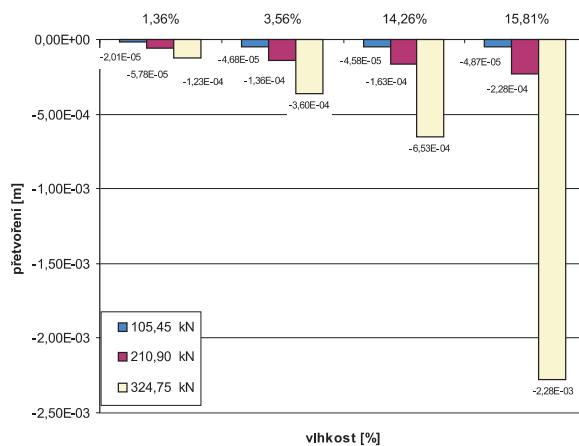
Výsledek výzkumu [kN]	Hmotnostní vlhkost [%]			
	1,5	3,5	14	16
únosnost	630,9975	626,8	481,2	380,2
svislé poměrné přetvoření	0,00059	0,0008	0,00185	0,002065
příčné poměrné přetvoření	-0,00589	-0,00719	-0,00377	-0,01962



Obr. 4. Porovnání mezní únosnosti zděných pilířů v závislosti na vlhkosti



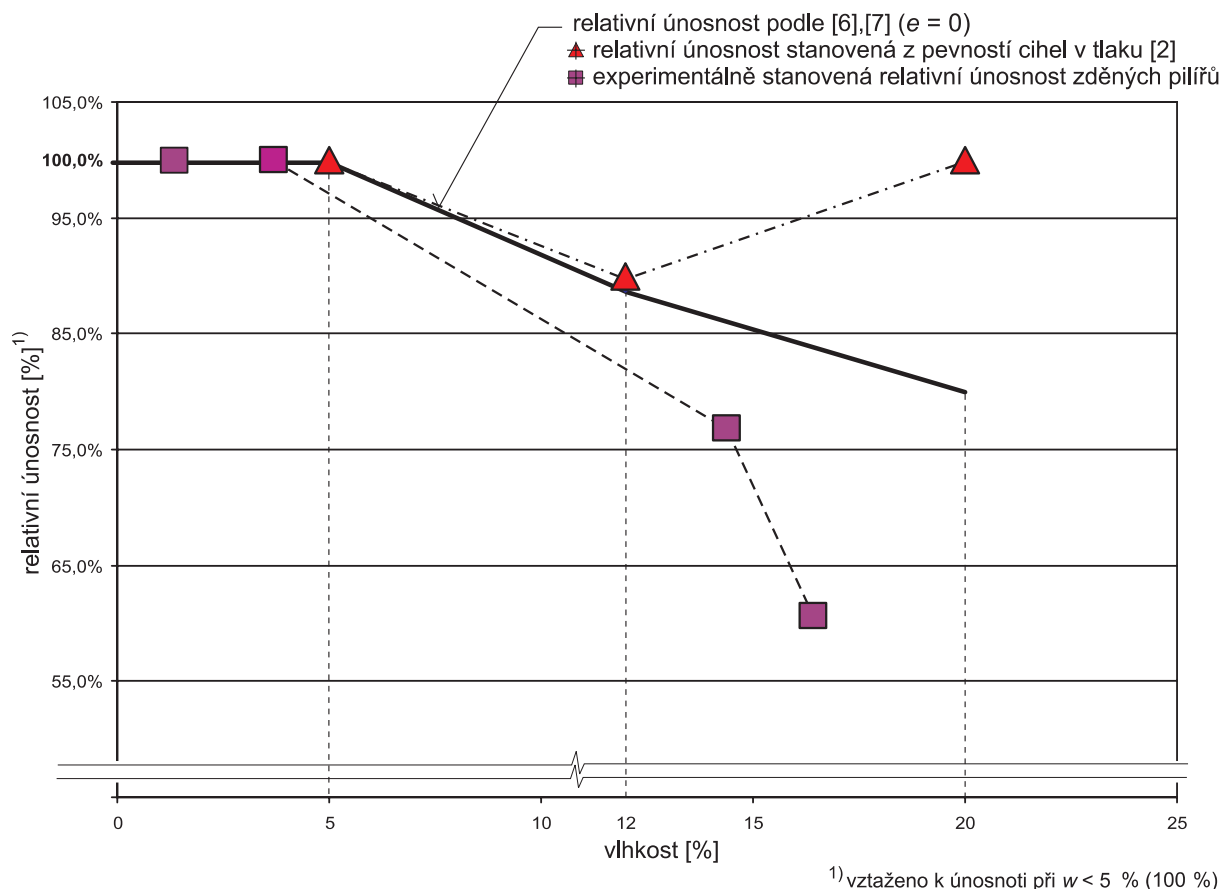
Obr. 5. Porovnání svislých deformací pro vybrané úrovně zatížení tlakovou silou



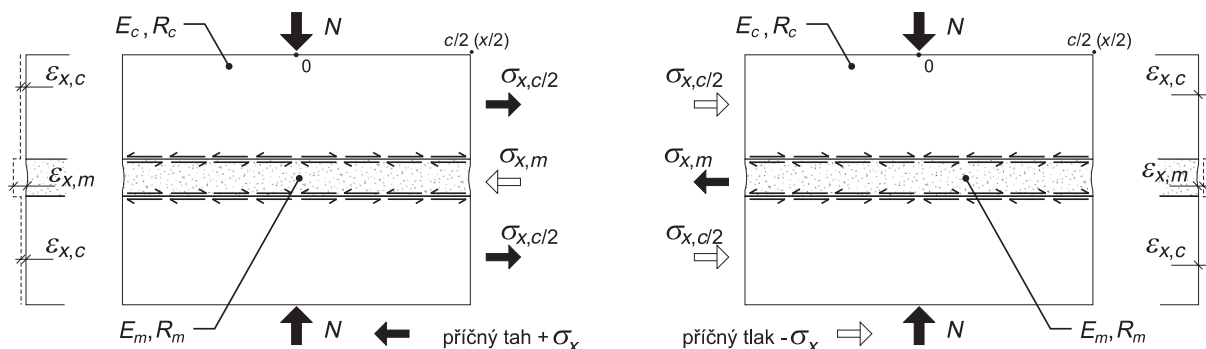
Obr. 6. Porovnání vodorovných deformací pro vybrané úrovně zatížení tlakovou silou

Z porovnání svislých a vodorovných deformací (obr. 5 a obr. 6) je patrný progresivní nárůst deformací (přetvoření) zděných pilířů s vysokou hmotnostní vlhkostí. Přírůstek svislé deformace, např. zděného pilíře zvýšením jeho

Tab. 1. Stanovená mezní únosnost a mezní svislé a vodorovné přetvoření tlačných zděných pilířů (tl. spáry 15 mm, cihly P15, malta vápenná MVI)



Obr. 7. Porovnání stanovené [1] a vypočítané [6], [7] únosnosti zděných pilířů v tlaku a cihel P15 [2]



Obr. 8. Vzájemné spolupůsobení cihel a malty

vlhkosti (způsobené např. povodní), představuje ve svých důsledcích účinek vynuceného přetvoření obdobný poklesu podpory. Dodatečné přetvoření zděné podpory (pilíře, stěny), např. klenby nebo klenbového pásu, může být příčinou vzniku tahových trhlin v klenuté konstrukci poblíž této podpory.

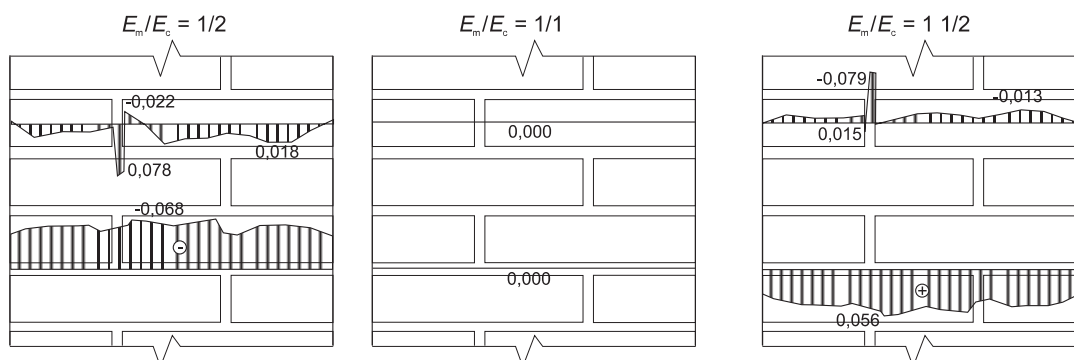
Vliv sanačních metod na únosnost tlačných zděných pilířů

Zdivo lze klasifikovat jako nehomogenní křehký materiál skládající se ze dvou různých látek. U běžných druhů zdiva je zpravidla tlakové (svislé) a tahové (vodorovné) přetvoření malty při zatížení zdiva svislou normálovou silou větší než odpovídající přetvoření kusového staviva (např. cihel). Je však celkově menší než odpovídající přetvoření samotné malty, bez spolupůsobení s kusovým stavivem (s cihlami).

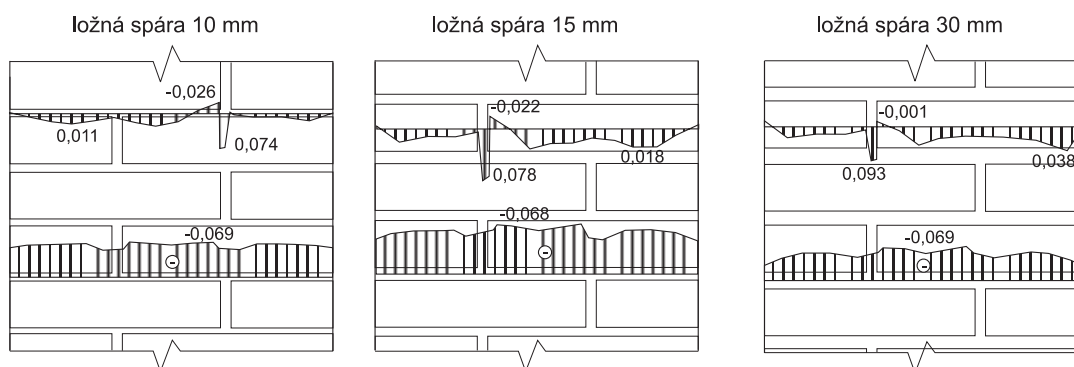
Soudržnost malty s velmi malou pevností a cihel (adheze) je malá, následkem čehož je malta při tlakovém zatížení zdiva „vytlačována“ ze spár (obr. 8). U běžných malt s pevností do 5 MPa zajišťuje soudržnost obou materiálů spolupůsobení, a tím i shodné příčné přetvoření. V důsledku toho je malta, která má tendenci k většímu příčnému přetvoření, příčně „tlačena“, a naopak cihly příčně „taženy“. V případě, že modul pružnosti malty a cihel $E_m < E_c$ může průběžným svislým trhlinám a následnému porušení tlačného zděného prvku předcházet vznik svislých trhlin v cihlách, které se porušují tahem.

Ve zdivu s maltou vysoké pevnosti $E_m > E_c$ (cementovou) dochází k obdobnému jevu, který však působí opačně. Cementová malta s vyšším modulem pružnosti přebírá v důsledku vyšší tuhosti, a tím menších příčných přetvoření, příčná tahová napětí daná tendencí cihel k většímu příčnému přetvoření. Cihly jsou v tomto případě namáhány příčným

- změna poměru modulů pružnosti malty a zdicích prvků, tl. ložné spáry 15 mm, napětí σ_1 ←□→

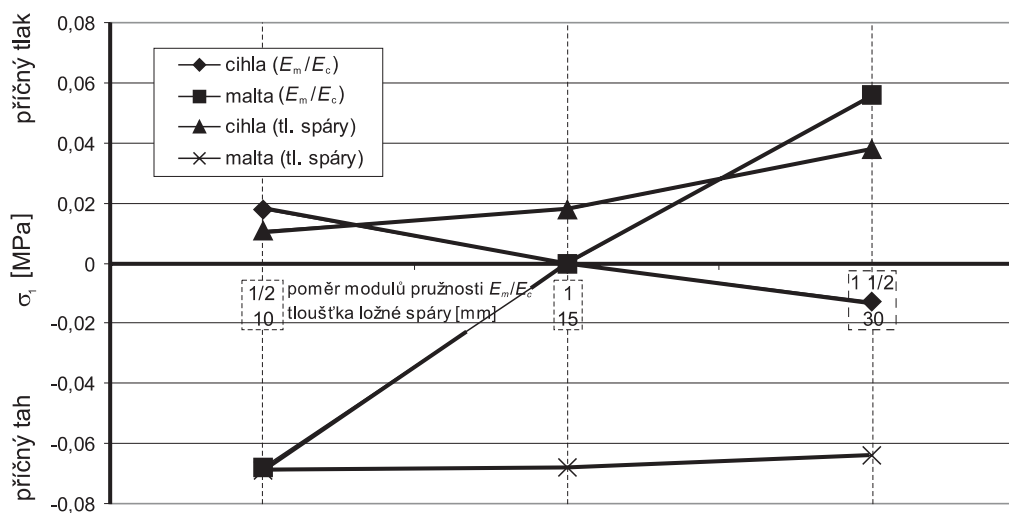


- změna tloušťky ložné spáry, poměr modulů pružnosti $E_m/E_c = 1/2$, napětí σ_1 ←□→



Obr. 9. Průběh hlavních napětí σ_1 v tlačném zděném pilíři tl. 450 mm v závislosti na poměru $E_c : E_m$ a tloušťce ložné spáry [3]

hlavní napětí σ_1 v tlačném zděném pilíři při změně poměru modulů pružnosti E_m/E_c a při změně tloušťky ložné spáry ($\sigma_2 = 1$ MPa)



Obr. 10. Závislost velikosti napětí σ_1 a σ_2 na poměru $E_c : E_m$ a tloušťce ložné spáry [3]

„tlakem“. Při rostoucím zatížení se objevují zpravidla první svislé tahové trhliny ve výplni ložných spár, a teprve následně (nebo i současně) v cihlách. Interakce obou složek zdiva a výsledky mikroanalýzy tlačného zděného prvku pro různý poměr pevnosti R , resp. modulů pružnosti E , je znázorněn na obr. 9 a obr. 10.

Pro porušování zděného prvku namáhaného svislým tlakem a vyčerpání jeho únosnosti v tlaku je charakteristický zpravidla vznik a rozvoj svislých, převážně tahových trhlin. Porušení tlačného zděného prvku je provázeno vytvořením jedné nebo několika průběžných svislých tahových trhlin.

V důsledku vzájemného působení je mezní pevnost zdiva R_{msc} menší než pevnost jeho únosnější složky (např. cihel R_{uc}), avšak zpravidla větší než pevnost, která by odpovídala pevnosti tělesa vyrobeného z méně únosné složky zdiva (např. malty R_{mc}). Označíme-li (obr. 8)

$$\Delta\sigma_{x,\tau} = \int_0^{x/2} \tau \cdot dx, \quad (1)$$

kde t je výška ložné spáry malty,

$\int_0^{x/2} \tau \cdot dx$ – normálová síla na jednotku délky spáry způsobená smykovým tokem τ vznikajícím ve styčné (kon-

taktní spáře „malta – cihla“ v důsledku jejich vzájemného spolupůsobení.

Podmínku kompatibility (stejně příčné deformace cihel a malty v blízkém okolí styčné spáry) $\varepsilon_{x,c} = \varepsilon_{x,m}$ můžeme přibližně zapsat

$$\varepsilon_{x,c} + \varepsilon_{x,cN} = \varepsilon_{x,m} - \varepsilon_{x,mN}, \quad (2)$$

resp. ve tvaru

$$\frac{\sigma_y \cdot \mu_c + \Delta\sigma_{x,\tau}}{E_c} = \frac{\sigma_y \cdot \mu_m - \Delta\sigma_{x,\tau}}{E_m}, \quad (3)$$

kde $\varepsilon_{x,c}$, $\varepsilon_{x,m}$ je volné poměrné protažení cihelného střeptu a malty ve směru vodorovné osy x ,

$\varepsilon_{x,cN}$, $\varepsilon_{x,mN}$ – vynucené poměrné přetvoření cihel (protahování) a malty (stlačování),

σ_y – svislé normálové napětí,

$\mu_{c(m)}$ – Poissonova konstanta pro cihly (malty),

$E_{c(m)}$ – modul pružnosti cihel (malty).

Se zvětšující se tloušťkou ložné spáry se příznivý účinek příčných tlakových napětí $-\Delta\sigma_{x,\tau}$ na výslednou pevnost malty nižší pevnosti postupně omezuje pouze na průřezy přiléhající ke stykovým spárám „malta-cihla“. V odlehlejších průřezech dochází k vytlačování a rozrušování malty ložné spáry, v tlaku je zde v důsledku vyšších tahových napětí σ_x ($-\Delta\sigma_{x,\tau} \rightarrow 0 \Rightarrow \varepsilon_{x,mN} \rightarrow 0$) méně pevná.

Z uvedeného je zřejmý význam dodržování předepsané tloušťky ložných spár, dobré přilnavosti malty k cihlám (tím i nepříznivý vliv hydrofobizujících přísad), popř. vliv příčného vyztužení v ložných spárách, na zvýšení pevnosti zdiva.

Na zděných pilířích 300 x 300 x 900 mm z plných cihel P15 na vápennou maltu MV1 s ložnými i styčnými spárami tl. 15 mm byly provedeny tyto sanační úpravy:

- vyztužená sanační omítka tl. 40 mm (B20, výztuž sítí \varnothing 6 mm po 100 mm, série C31-C32),
- obetonování tl. 80 mm (B20, výztuž sítí \varnothing 6 mm po 100 mm, série C33-C34),
- ocelové bandážování profily L 45 x 45 x 5 mm s příčnými pásky 35 x 5 mm (série C23-C24).

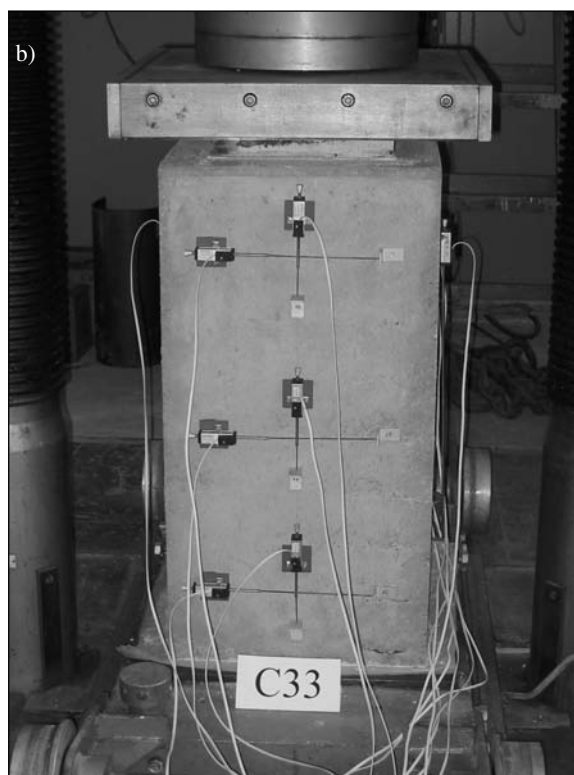
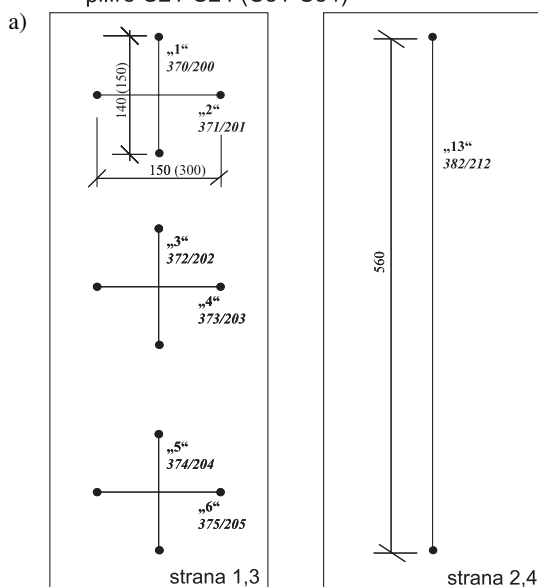
Pro posouzení účinnosti sanačních úprav byly provedeny zkoušky v tlaku dvou zděných pilířů 300 x 300 x 900 mm (série C21-C22).

Tab. 2. Dílčí výsledky výzkumu účinnosti sanačních metod pro zvýšení únosnosti v tlaku zděných pilířů

Označení	Varianta zesílení	Max. síla [kN]	Porovnání [%]
C21-C22	bez zesílení	423,78	100,00
C23-C24	ocelový profil L	616,69	145,52
C31-C32	omítka tl. 40 mm	858,62	202,61
C33-C34	obetonování tl. 80 mm	1087,24	256,55

Po osazení snímači přetvoření (obr. 11) ve svislém i vodorovném směru bylo do pilířů vnášeno zatížení přes ocelovou roznášecí desku uloženou do sádrového lože 300 x 300 mm (tedy pouze do zděného prvku se stupňovitě vzrůstajícími kroky 30 kN a odtěžováním na základní hodnotu 30 kN. Mezní únosnost pilíře byla stanovena při poklesu zatěžovací síly (obr. 12). Výsledky zkoušek jsou uvedeny v tab. 2 a graficky znázorněny na obr. 14 až obr. 17 včetně porovnání s hodnotami mezní únosnosti stanovenými podle [3], [4].

pilíře C21-C24 (C31-C34)

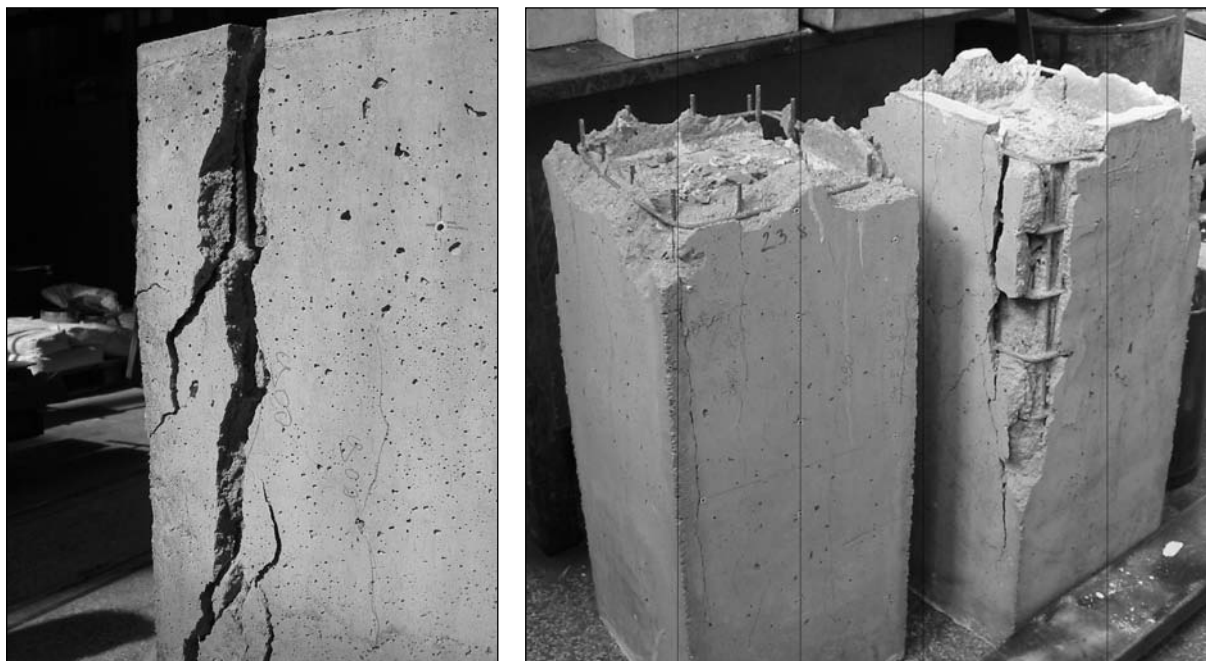


Obr. 11.

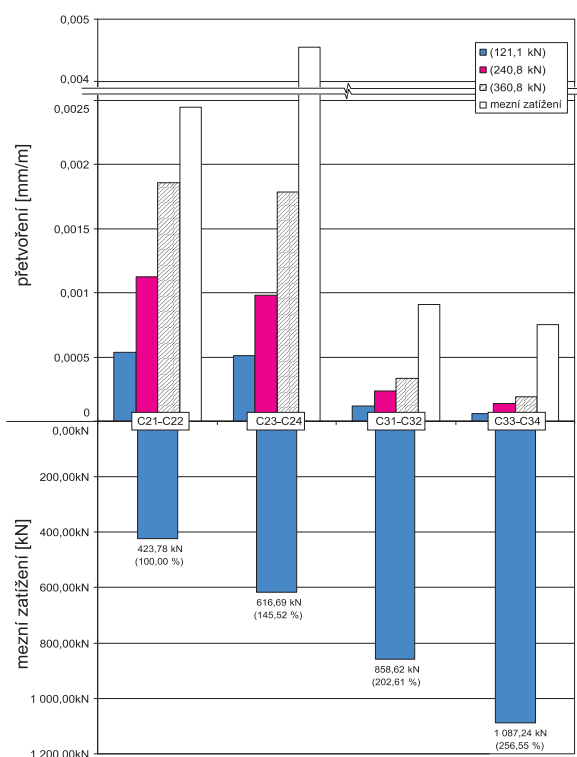
a – schéma osazení snímačů, b – pilíř před zatěžováním

Účinnost sanačních metod

Zkoušky prokázaly možnost výrazného zvýšení únosnosti zděných pilířů v tlaku v rozsahu 145,5 % (ocelové bandážování, série C23-C24) až 256,5 % (obetonování – 80 mm, série C33-C34) v porovnání s únosností prostého zděného pilíře (100 %) shodných rozměrů a kvality (série C21-C22). V porovnání s teoreticky stanovenou hodnotou podle [7] a např. [3], [4] je experimentálně stanovená únosnost výrazně vyšší. U nesanovaného pilíře činí teoreticky stanovená únosnost podle [7] cca 30 %, u ocelového bandážování pilíře činí teoreticky stanovená únosnost podle [3], [4] cca 70 % experimentálně získané hodnoty, u sanační omítky cca 50 % experimentálně získané hodnoty a v případě obetonování pilíře cca 65 %. Tuhost K [N.mm⁻³], resp. svislé deformace ε_y



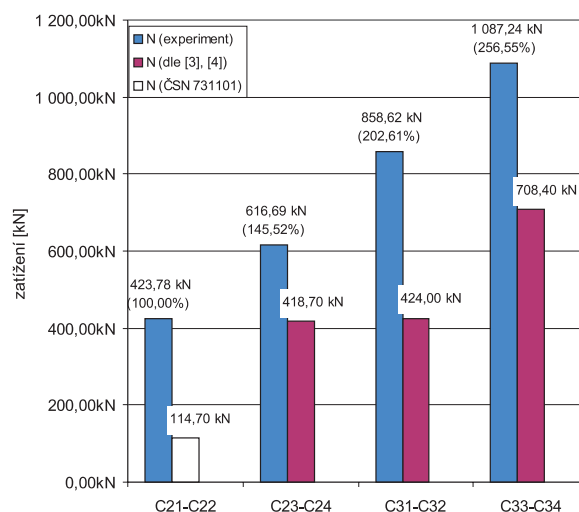
Obr. 12. Zkušební pilíře po zatěžování (obetonování tl. 80 mm, B20, výztuž $\varnothing 6$ mm á 100 mm)



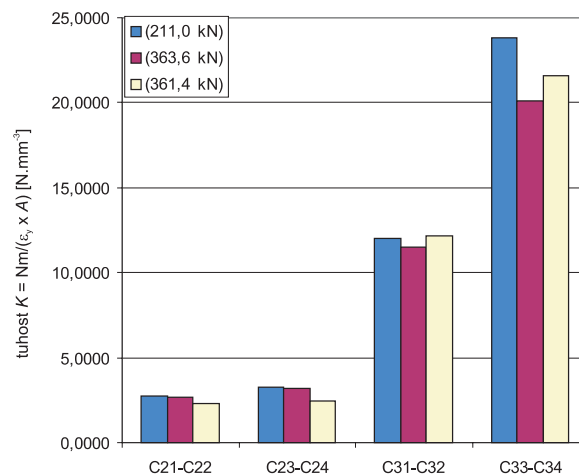
Obr. 13. Svislé přetvoření ϵ_y při srovnatelných hodnotách zatížení a při dosažení mezního zatížení

zděných pilířů (série C21-C22) při zatížení tlakem a pilířů s ocelovým bandážováním (série C23-C24) jsou přibližně shodné (obr. 15).

Tuhost (snížení svislých deformací) zděného pilíře je možné podstatně zlepšit vyztuženou omítkou, popř. obetonováním (obr. 15), což není vhodné opomenout při dílčí sanaci tlacených zděných konstrukcí (stěn, pilířů). Důsledky rozdílné tuhosti (rozdílného svislého přetvoření) sanované a nesanované části tlacené zděné konstrukce, zejména při kombinaci různých metod (obezdění, bandážování, obetonování apod.) v rámci např. jednoho



Obr. 14. Porovnání experimentálně stanovených [1] a teoreticky vypočtených mezních hodnot zatížení v tlaku podle [3], [4], [6]



Obr. 15. Tuhost zděných pilířů při porovnatelných hodnotách zatížení (série C21-C24)

podlaží, je nutné posoudit z hlediska redistribuce napětí, popř. možnosti porušení zděné konstrukce (klenby rozdílným přetvářením podpůrné konstrukce, zděných pásů uložených na podpůrné konstrukci s rozdílnou tuhostí apod.).

Závěr

Výzkum [1] prokázal významný vliv vlhkosti na únosnost a přetvoření tlačných zděných prvků, jejímž důsledkem může být závažná redistribuce namáhání, popř. porušení nosné zděné konstrukce. Získané výsledky prokazují závažnost posouzení mechanické odolnosti a stability zděných konstrukcí zasažených povodněmi.

Článek byl zpracován za podpory výzkumného záměru č. 210000001 MSM „Funkční způsobilost a optimalizace stavebních konstrukcí“.

Witzany, J. – Čejka, T. – Zigler, R.: The Load-Bearing Capacity of Pushed-In Masonry Piers

In addition to volume changes, moisture changes bring about changes in mechanical and physical properties of porous materials, particularly modulus of elasticity, strength, thermal conductivity coefficient, mass by volume, heat expansion coefficient, and others. They can lead to mineralogical and chemical changes, degradation and destruction of the structure (eg of binders, bricks, and stone). The changeable cyclic moisture affects gradual degradation of materials and structures exposed to it. This paper studies effects of the quality of masonry, moisture and maintenance methods on the load-bearing capacity of pushed-in masonry piers.

Literatura

- [1] Výzkumný záměr „Funkční způsobilost a optimalizace stavebních konstrukcí“ č. 210000001 MSM.
- [2] Witzany, J. – Čejka, T. – Zigler, R.: Vliv vlhkosti na fyzikálně mechanické vlastnosti porézních stavebních materiálů a na únosnost zdiva. Stavební obzor, **11**, 2003, č. 4, s. 97–104.
- [3] Witzany, J.: Poruchy a rekonstrukce zděných budov. ČKAIT, Praha, 1999.
- [4] Vaněk, T.: Rekonstrukce staveb. Praha, SNTL/ALFA 1985.
- [5] Čejka, T.: Vliv vlhkosti na fyzikálně mechanické vlastnosti stavebních materiálů. Praha, DPD 2002.
- [6] ČSN 73 1101 Navrhování zděných konstrukcí. ČSN, 1981.
- [7] ČSN 73 0038 Navrhování a posuzování stavebních konstrukcí při přestavbách. ČSN, 1987.

Witzany, J. – Čejka, T. – Zigler, R.: Tragfähigkeit druckbeanspruchter gemauerter Pfeiler

Eine Veränderung der Feuchtigkeit bewirkt außer primären Volumenänderungen auch Veränderungen der mechanischen und physikalischen Eigenschaften poröser Baustoffe, insbesondere des Elastizitätsmoduls, der Festigkeit, der Wärmeleitfähigkeit, der Dichte, des Wärmeausdehnungskoeffizienten u.dgl. Sie kann die Ursache mineralogischer und chemischer Veränderungen, für Degradation und Strukturzerfall (z.B. des Bindemittels, der Ziegel, des Steins) sein. Eine veränderliche zyklische Feuchtigkeit beeinflusst die schrittweise Zersetzung (Abnutzung) der ihr ausgesetzten Materialien und Bauteile. Gegenstand des Artikels ist das Studium der Beeinflussung der Qualität des Mauerwerks, der Feuchtigkeit und der Sanierungsmethoden auf die Tragfähigkeit druckbeanspruchter gemauerter Pfeiler.

České vysoké učení technické v Praze
Fakulta stavební

Katedra geotechniky

pořádá

za podpory grantového projektu

„Systém sledování technického stavu historických budov a predikce jeho vývoje s aplikací na území Pražského hradu“



jednodenní vědecký seminář

GEOMONITORING

12. listopadu 2003

ČVUT v Praze, Fakulta stavební, Thákurova 7, Praha 6

Témata:

- Eurocode 7 a požadavky pro monitoring
- technické prostředky a jejich volba podle charakteru úlohy
- příklady sledování a získaná data
- interpretace výsledků měření a hodnocení instrumentace
- statická analýza a možnosti predikce vývoje

Přihlášky a informace:

Ing. Jan Záleský, CSc., tel.: 224 354 551, fax.: 233 334 206, zalesky@fsv.cvut.cz

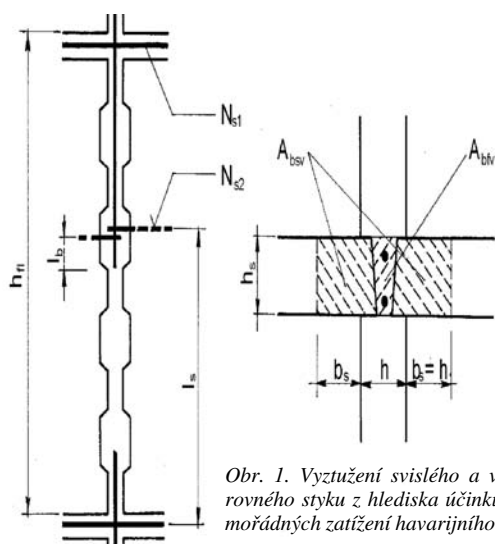
doc. Dr. Ing. Jan Pruška, tel.: 224 654 547, Pruska@fsv.cvut.cz

Statická bezpečnost prefabrikovaných stěnových systémů vícepodlažních budov při působení účinků mimořádných zatížení

prof. Ing. Jiří WITZANY, DrSc.
Ing. Tomáš ČEJKA, PhD.
Ing. Antonín HRUŠKA, CSc.
ČVUT – Fakulta stavební
Praha

Rozsáhlý výskyt poruch prefabrikovaných stěnových konstrukcí bytových domů byl způsoben především nedostatkem zkušeností při jejich návrhu a provádění a podceněním závažnosti vlivu zejména fyzikálních zatížení a vlivů ve vztahu ke statickým vlastnostem prefabrikovaných stěnových konstrukcí, charakterizovaných relativně vysokou citlivostí k přetvárným účinkům těchto zatížení. Pro prefabrikované stěnové konstrukce je charakteristický mechanismus přetváření a porušování, při němž se stěnové dílce posunují ve styčných porušených trhlinami, tj. v kontaktních plochách.

Zvláštní skupinu zatížení, kterým je nutné věnovat pozornost při návrhu nosné konstrukce, tvoří tzv. mimořádná zatížení, z nichž některá označujeme jako zatížení havarijního rázu. Mimořádným zatížením havarijního rázu se rozumí takový druh mimořádného zatížení, který není zahrnut v obvyklých normových předpisech (např. ČSN 73 0035 Zatížení konstrukcí pozemních staveb) a který se v obvyklých statických výpočtech neuvažuje. U těchto zatížení nelze předem přesně určit ani místo a dobu výskytu, ani jeho přesnou intenzitu. Tyto účinky mohou vyvolat vážnou poruchu nosné konstrukce. Pravděpodobnost výskytu mimořádných zatížení havarijního rázu je taková, že je nutné k nim přihlížet ve statickém výpočtu i návrhu nosné konstrukce.



Obr. 1. Vyztužení svislého a vodorovného styku z hlediska účinků mimořádných zatížení havarijního rázu

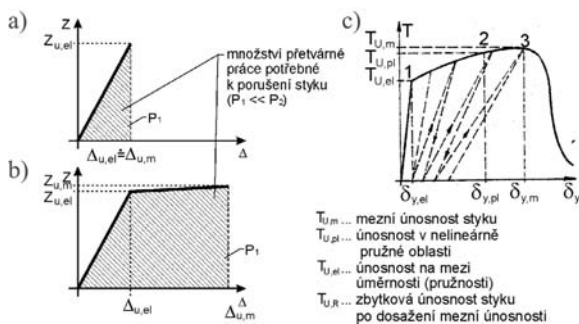
Při návrhu konstrukce a jejích prvků se vychází z požadavku dostatečné šíře plastického přetvoření konstrukce (celkové nebo lokálního), aniž při tom nastane zřícení konstrukce. Zejména je nutné zabezpečit příslušnými konstrukčními

úpravami, aby při lokálním porušení nosné konstrukce nedošlo k postupnému zřícení celé budovy (progressive collapse), které by nastalo v důsledku řady (řetězu) po sobě následujících poruch nosných prvků konstrukce, vyvolaných primární poruchou menšího rozsahu (lokální) způsobenou účinkem mimořádného zatížení havarijního rázu.

K závažným mimořádným zatížením patří účinky extrémních tlakových vln způsobených výbuchem plynu, výbuchem některých druhů technických zařízení, výbuchem tekavých a hořlavých látek, uměle (teroristicky) způsobeným výbuchem nálože, rozsáhlým podemetlím základů při povodních apod.

Tyto účinky nelze zcela preventivně vyloučit. Proto je nutné zabezpečit nosnou konstrukci odpovídajícími úpravami, k nimž především patří vodorovné a svislé vyztužení prefabrikované konstrukce tak, aby styky měly dostatečně širokou oblast plastického přetvoření (obr. 1).

Extrémní hodnoty zatížení omezené zpravidla na velmi malou oblast konstrukce, spolu s velmi krátkým časovým intervalem, v němž dosahují maximální hodnoty, vyžadují, aby konstrukce, zejména styky nosných prefabrikovaných dílců, měly dostatečně širokou oblast plastických deformací a byly schopné absorbovat velké množství energie při vzniku plastických deformací ve styčných nebo v dílcích, aby nedošlo k jejich úplnému porušení a následkem toho k řetězové reakci mající za následek úplné porušení konstrukce (kolaps) – ztrátu nosné způsobilosti (obr. 2).



Obr. 2. Pracovní diagramy styků

a – idealizovaný pracovní diagram styku nevyztuženého – bez oblasti nelineární pružného chování, b – idealizovaný pracovní diagram vyztuženého styku s výrazně nelineární pružnou oblastí, c – charakteristický pracovní diagram vyztuženého styku se zpevněním a zůstatkovou (reziduální) únosností (schematické znázornění přírůstků trvalých deformací při vzrůstajícím opakovaném zatížení v intervalu $T_{u,el} - T_{u,m}$)

V prefabrikovaných stěnových konstrukcích má hlavní funkci z hlediska zajištění vodorovné a svislé tuhosti výztuž zabudovaná ve stropních a stěnových dílcích a řádně spojená ve styčných a závlčkových výztuž vložena do styků zajišťující celistvost nosné konstrukce ve vodorovném a svislém směru (v obou směrech uspořádaná podélná a příčná výztuž ve stropních deskách, kotvení obvodových dílců k vnitřní

nosné konstrukci, výztuž umístěná ve svislých stycích pro přenesení mimořádných zatížení a zajištění celistvosti stropních desek a stěnových prvků). Ztužující výztuž je nutné navrhnout jednak na síly postžitelné statickým výpočtem (nahodilá zatížení krátkodobá i dlouhodobá, seizmické účinky) a jednak na síly od mimořádných zatížení havarijního rázu. Uvedená výztuž zabezpečuje také konstrukci proti vlivům a účinkům, jež jsou způsobeny odchylkami realizované konstrukce od projektu. Pokud nelze podrobným statickým výpočtem určit požadavky na vodorovné a svislé vyztužení konstrukce, je nutné postupovat podle příslušných předpisů.

Poznámka: Vzhledem k obtížnosti stanovení výpočtových sil pro dimenzování výztuže pro přenesení mimořádných zatížení se obvykle v praxi postupuje podle ustanovení příslušných předpisů a norem. Podle ČSN 73 1211 [5] se doporučuje vyztužit prefabrikované stropní desky (tabule) podélnou a příčnou výztuží umístěnou a řádně kotvenou ve stycích mezi stropními dílci, popř. zabudovanou v dílcích a spojovanou ve stycích, kterou dimenzujeme na mezní tahovou sílu $(h \cdot l_i \cdot 5)$ kN, kde h je konstrukční výška podlaží a l_i je osová vzdálenost nosných stěn tvořících pružné podpory stropním deskám, popř. podélných styků stropních dílců, přičemž vzdálenost podélných vyztužných vložek (zabudovaných nebo vložených do styků) se doporučuje 1,2 m, výjimečně 2,4 m [5]. Tato výztuž musí současně zajistit řádné kotvení protilehlých obvodových nebo schodišťových dilatačních stěn. Spoje mezi obvodovými dílci a vnitřní nosnou konstrukcí (stropními deskami, vnitřními nosnými stěnami) je nutné dimenzovat na sílu 5 kN/m^2 plochy obvodového dílce, pokud není výpočtem stanovena větší hodnota.

Podle ENV 1992-1-3:1994 mají táhla (výztuž) zabránit místnímu poškození při mimořádném zatížení, jakým je náraz nebo výbuch, a vytvořit alternativní cesty přenosu zatížení při vzniku místního poškození. Táhla je nutné umístit po obvodu, uvnitř stropní desky a ve svislých stycích. Obvodové táhlo (podélné) podle tohoto předpisu musí být schopné přenést sílu $F_{tie} = l_i \cdot 10 \text{ kN/m} \leq 70 \text{ kN}$, kde l_i je rozpětí krajního pole (vzdálenost mezi obvodovou a vnitřní podélnou stěnou). Vnitřní táhlo (podélné, spojující krajní štítové, popř. dilatační stěny, popř. krajní a schodišťové stěny) musí přenést tahovou sílu $F_{tie} = 0,5(l_{i1} + l_{i2}) \cdot 20 \text{ kN/m} \leq 70 \text{ kN}$, kde l_{i1} , l_{i2} je vzdálenost vnitřního podélného táhla od obvodových táhel. Obvodové stěny musí být v úrovni stropní konstrukce kotveny táhly, které musí přenést tahovou sílu $F_{tie} = l_j \cdot 20 \text{ kN/m} \leq 150 \text{ kN}$, kde l_j je vzdálenost táhel. Vnitřní příčná táhla umístěná např. ve vodorovných stycích musí přenést tahovou sílu $F_{tie} = 0,5(l_{j1} + l_{j2}) \cdot 20 \text{ kN/m} \leq 70 \text{ kN}$, kde l_{j1} a l_{j2} je vzdálenost vnitřního příčného táhla od sousedních táhel (sousedních příčných stěn).

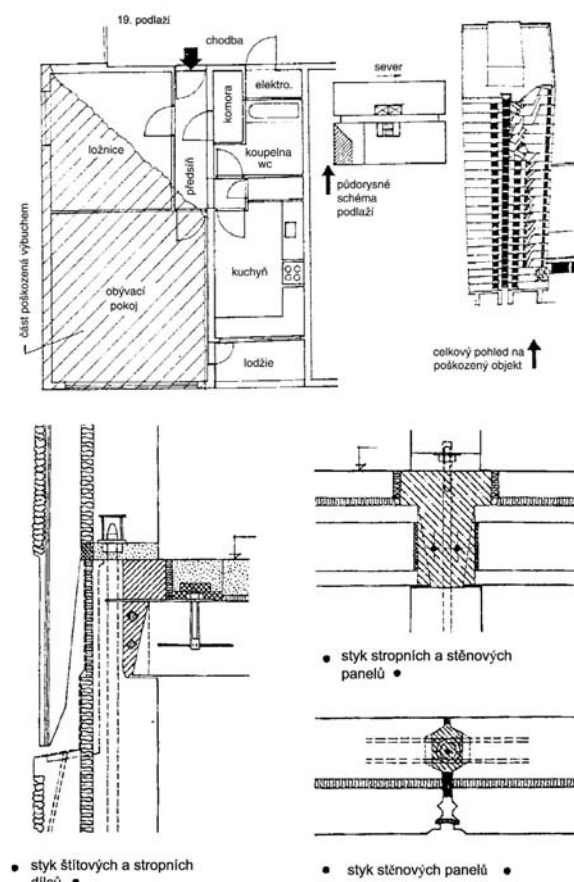
V panelových budovách výšky pět a více podlaží musí být podle ENV 1992-1-3:1994 ve sloupech nebo stěnách umístěna táhla, aby se omezil rozsah poškození vzniklý zřícením stropu v důsledku ztráty nosné způsobilosti níže ležícího sloupu nebo stěny způsobené mimořádným zatížením. Táhla musí tvořit část soustavy přemosťující poškozenou oblast. Táhla mají být pokud možno spojitá od nejnižší po nejvyšší úroveň a mají při posouzení mezního stavu únosnosti vyhovět nejméně na účinek návrhového zatížení stropu ležícího bezprostředně nad poškozenou oblastí. Je-li sloup nebo stěna založena ve své nejnižší úrovni na jiném prvku, než je základ (např. na trámu nebo desce), musí se v návrhu počítat s nehodovou ztrátou podporujícího prvku a ověřit vhodnou alternativní cestu přenosu zatížení.

Do svislých styků nosných stěnových dílců se doporučuje vložit svislou výztuž schopnou přenést sílu rovnající se svis-

lému zatížení přenášeného od jednoho podlaží sousedními stěnovými dílci do vyššího podlaží (obr. 1).

Havárie panelového výškového domu v Londýně

Příkladem závažnosti účinků mimořádných zatížení havarijního rázu je zřízení části panelového výškového domu „Ronan Point“ v Londýně (Canning Town) v roce 1969. Tento objekt měl celkem 23 nadzemních podlaží, z toho 1. NP byla monolitická konstrukce tvořená železobetonovými sloupy a stěnami. Ostatních 22 nadzemních podlaží byla montovaná panelová konstrukce provedená dánským systémem Larsen – Nielsen. Celkové půdorysné rozměry byly 24,1 x 18,2 m, výška budovy 61 m. Budova obsahovala celkem 110 bytů, v každém podlaží byly tři dvoupokojové a dva třípokojové byty. Nosná konstrukce montované části objektu byla tvořena systémem příčných stěn, přerušených dvěma průběžnými podélnými stěnami. Schéma rozmístění příčných a podélných stěn včetně způsobu uložení stropních panelů je na obr. 3. Ke zřícení části obytného domu došlo výbuchem plynu v rohovém bytě v 18. nadzemním podlaží (obr. 3), kterým byl vyrazen nejen



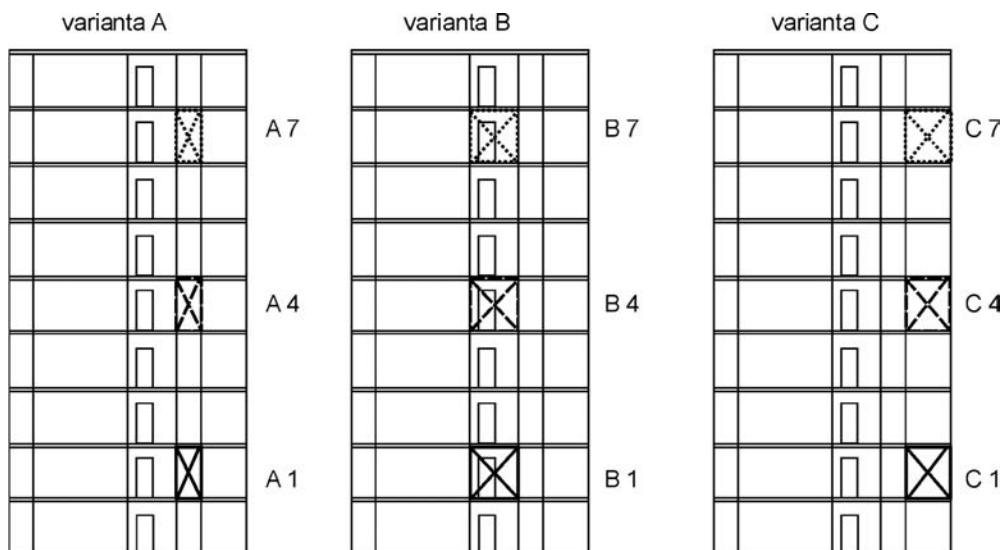
Obr. 3. Schéma konstrukce, poškození výškového domu „Ronan Point“ a podrobnosti styků nosné panelové konstrukce

průčelní fasádní plášť v kuchyni a obývacím pokoji, ale i nosné štítové panely. V důsledku toho ztratily stropní panely a obvodové stěny vyšších podlaží podporu. Jejich zřícením byly pak postupně demolovány odpovídající části spodních bytů ve všech 22 podlažích. Proces tohoto postupného řícení je označován jako „progressive collapse“. Na podkladě rozboru účinku výbuchu plynu bylo zjištěno, že

výbuchem byl vyvinut na štítové stěny tlak 35 až 42 kN/m² po dobu několika tisíců sekund, který se prudce zmínil, takže po dobu asi jedné desetiny sekundy byla stěna zatížena průměrným tlakem 21 kN/m². Účinkem tohoto tlaku došlo k „vysunutí“ štítových panelů. Uvedenému tlaku 21 kN/m² (42 kN/m²) odpovídají posouvající síly o velikosti cca 26 kN (52 kN) na 1 m² vodorovného styku (ložné spáry). Současně s výbuchem došlo k „nadlehčení“ horní stropní konstrukce zatěžující štítové panely, kde se předpokládá, že se štítové panely vysunuly nejdříve. Podle názoru komise postačil zde k vysunutí tlak 19 kN/m², zatímco v podlahové spáře by byl zapotřebí tlak 39 kN/m². Podle šetření lze také předpokládat, že došlo k zlomení konstrukce stropních panelů vyššího podlaží od záporného momentu vyvolaného tlakem plynů. Podle zkoušek panelů by stačilo zatížení zdola 16 kN/m², zatímco shora 27 kN/m². Je tedy možné předpokládat, že výbuch způsobil i částečné porušení horních stropních panelů, což přispělo k uvolnění styku se štítovými panely. Rozhodujícím faktorem při výbuchu bylo porušení styku mezi stropními a štítovými panely.

Redistribuce normálových a smykových napětí v nosné panelové stěně při vyřazení jednoho stěnového dílce

V následující části jsou uvedeny dílčí výsledky teoretické analýzy redistribuce namáhání v nosné stěně, zatížené svislým extrémním zatížením, v důsledku vyřazení jednoho stěnového dílce účinkem mimořádného zatížení (např. výbuch plynu). Výpočet napjatosti nezahrnuje vliv případného zřícení příslušné části stropní konstrukce. Výpočet byl proveden pro devět teoretických případů vyřazení některého ze stěnových dílců lišících se půdorysnou (uvnitř stěny a na okraji stěny) a výškovou (1. NP, 4. NP, 7. NP) polohou vyřazeného stěnového dílce z nosné funkce devítipodlažní stěny (obr. 4).



Obr. 4. Polohy stěnového dílce vyřazeného z nosné funkce

Poznámka: Numerická analýza byla provedena pro případ nosné stěny malorozponové panelové soustavy T06B – rozpon 3,6 m, tloušťka stěnových dílců 140 mm, beton dílců značky B250, svislé extrémní zatížení stropní konstrukce, tj. hmotnost stropních dílců, hmotnost podlahy, příček bylo uvažováno hodnotou 5,544 kN/m², pro užité zatížení (1,5 kN/m²) byl použit redukční součinitel 0,5 pro současné

působení zatížení. Hmotnost stěny byla uvažována hodnotou 10,08 kNm⁻¹/podlaží.

Výsledky numerické analýzy vlivu vyřazení stěnového dílce z nosné devítipodlažní stěny jsou uvedeny v tab. 1 a na obr. 5 až obr. 10 (průběh svislých normálových napětí σ_x , vodorovných normálových napětí σ_y a smykových napětí τ_{xy}).

Závěr

Uvedený příklad havárie panelového výškového domu v Londýně a výsledky teoretické analýzy napjatosti nosné stěny zatížené svislým extrémním zatížením, provedené pro výsek reálné panelové konstrukce (soustavy T06B), prokazují závažnost účinku mimořádných zatížení. V důsledku lokálního vyřazení části konstrukce z nosné funkce účinkem např. výbuchu plynu dochází k redistribuci normálových a smykových napětí. Ve vyšetřovaných případech došlo k lokálnímu nárůstu svislých normálových napětí σ_x v rozmezí od 103 (varianta A7) do 609 % (varianta C4), vodorovných tahových normálových napětí σ_y od 400 (varianta C7) do 6 500 % (varianta A1) a k lokálnímu nárůstu smykových napětí τ_{xy} v rozmezí od 250 (varianta B1) do 2 900 % (varianta C4).

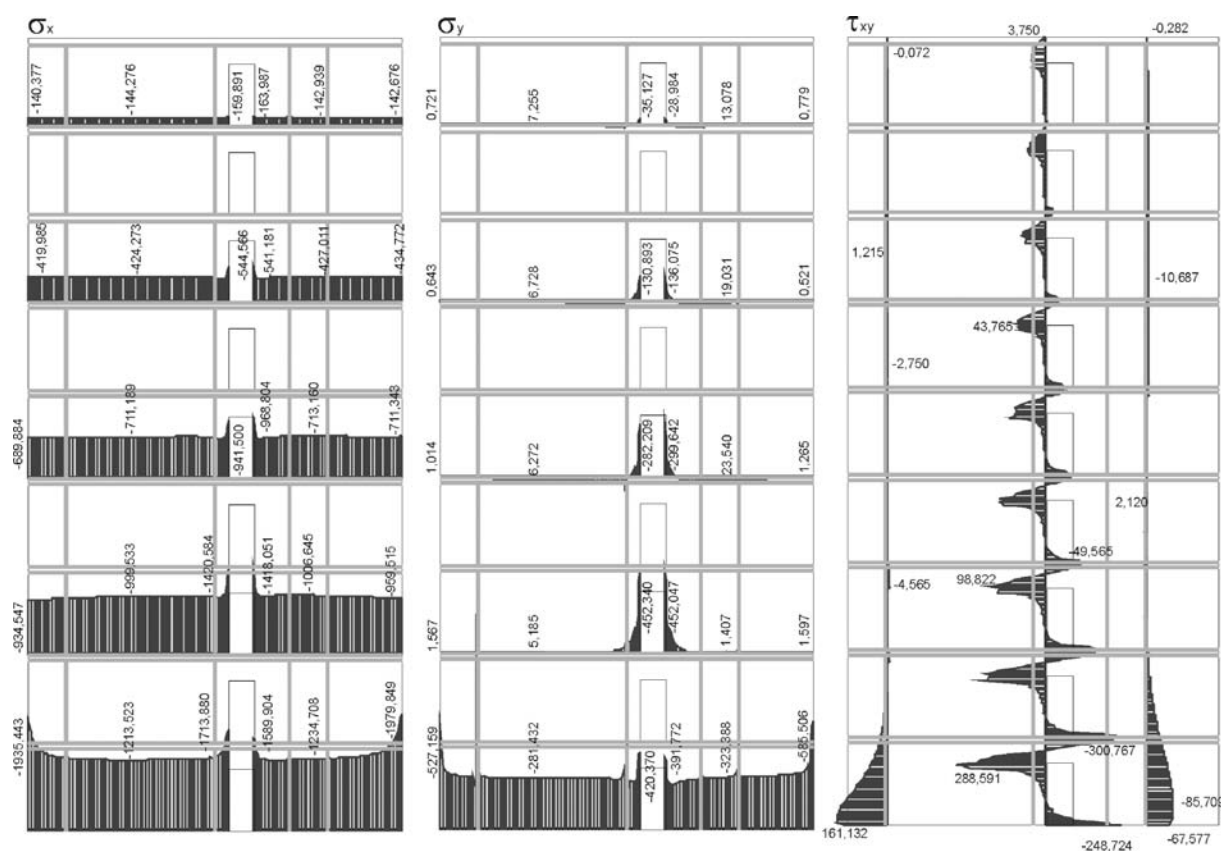
Poznámka: Mezní únosnost stěnových panelů v tlaku posuzované panelové soustavy T06B se pohybuje od $N_u = 581,4 \text{ kN/m}^2$ ($\sigma_u = 581,4/0,14 = 4 153 \text{ kPa}$) do $N_u = 591,1 \text{ kN/m}^2$ ($\sigma_u = 591,1/0,014 = 4 222 \text{ kPa}$) (beton značky B250, prostý beton s konstrukční výztuží – ocel 10 216). Mezní únosnost vodorovného styku „stěna – strop – stěna“ $N_{ju} = 842 \text{ kN/m}^2$ ($\sigma_{xu} = 842/0,14 = 6 014 \text{ kPa}$). Mezní únosnost svislého styku převázaného stropními panely $N_{ju} = 188,9 \text{ kN/podl.}$ ($\tau_{xyu} = 188,9/0,14 \cdot 2,8 = 481,9 \text{ kPa}$), mezní únosnost svislého styku bez účinku převázání stropními panely $N_{ju} = 153,9 \text{ kN/podl.}$ ($\tau_{xyu} = 153,9/0,14 \cdot 2,8 = 392 \text{ kPa}$).

Z porovnání vypočtených hodnot normálových napětí v tlaku σ_x s mezní únosností stěnových dílců (mezní únosnost $\sigma_u \in (4 153 \text{ kPa}; 4 222 \text{ kPa})$) je zřejmé, že konstrukce ve většině vyšetřovaných případů vykazuje dostatečné rezervy a je schopna zvýšené namáhání v tlaku – za předpokladu, že nedojde k narušení svislých a vodorovných styků v okolí vyřazeného stěnového dílce – přenést. U varianty

Tab. 1. Nárůst svislých normálových napětí v tlaku $\sigma_{x,max}$, vodorovných normálových napětí v tahu $\sigma_{y,max}$ a smykových napětí $\tau_{xy,max}$ od svislého účinku extrémního zatížení v závislosti na poloze stěnového dílce v nosné stěně vyřazeného účinkem mimořádného zatížení proti původním hodnotám (stěna bez vyřazeného stěnového dílce účinkem mimořádného zatížení, $\sigma_{x,max} = 100 \%$, $\sigma_{y,max} = 100 \%$)

Porovnávané napětí			Původní neporušená stěna			Při vyřazení dílce		
			$\sigma_{x,max}$	$\sigma_{y,max}$	$\tau_{xy,max}$	$\sigma_{x,max}$	$\sigma_{y,max}$	$\tau_{xy,max}$
varianta A	1. patro A1	[kPa]	-1 979,8	+5,19	20	-2174,4	336,2	157
		[%]				110	65x	18x
	4. patro - A4	[kPa]	-713,2	+23,50	10,7	-1916,1	810,7	140
		[%]				269	35x	13x
	7. patro - A7	[kPa]	-434,8	+19,03	-10,69	-446,6	117,8	54
		[%]				103	6x	5x
varianta B	1. patro B1	[kPa]	-1 213,5	+5,19	68	-1741,6	619,7	165
		[%]				143,5	120x	2,5x
	4. patro - B4	[kPa]	-968,8	+23,54	20	-2493,3	693,9	111
		[%]				257,3	30x	5,5x
	7. patro - B7	[kPa]	-544,6	+13,08	8	-595,2	182,13	68
		[%]				109,3	14x	8,5x
varianta C	1. patro C1	[kPa]	-1 420,6	+5,19	40	-2935,6	250,37	550
		[%]				207	48x	8x
	4. patro - C4	[kPa]	-713,2	+19,03	10,69	-4342,5	184,14	308
		[%]				609	10x	29x
	7. patro - C7	[kPa]	-541,2	+13,08	7,5	-841,4	51,54	146
		[%]				156	4x	19,5x

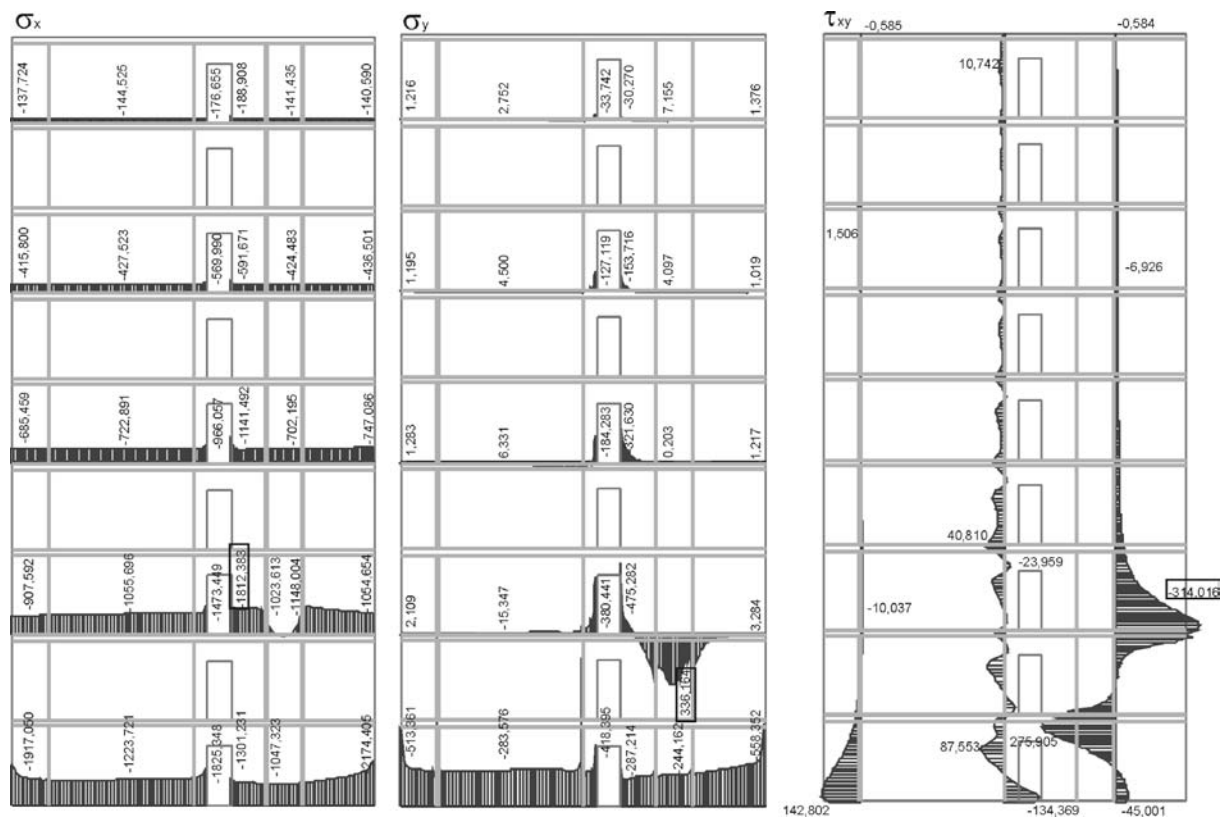
Poznámka: Porovnání maximálních normálových a smykových napětí ve vyšetřovaných variantách A, B a C s odpovídajícími hodnotami neporušené stěny od účinku svislého extrémního zatížení. Uvedené hodnoty jsou ve variantách A, B, C označeny na obr. 6 až obr. 10 rámečkem.



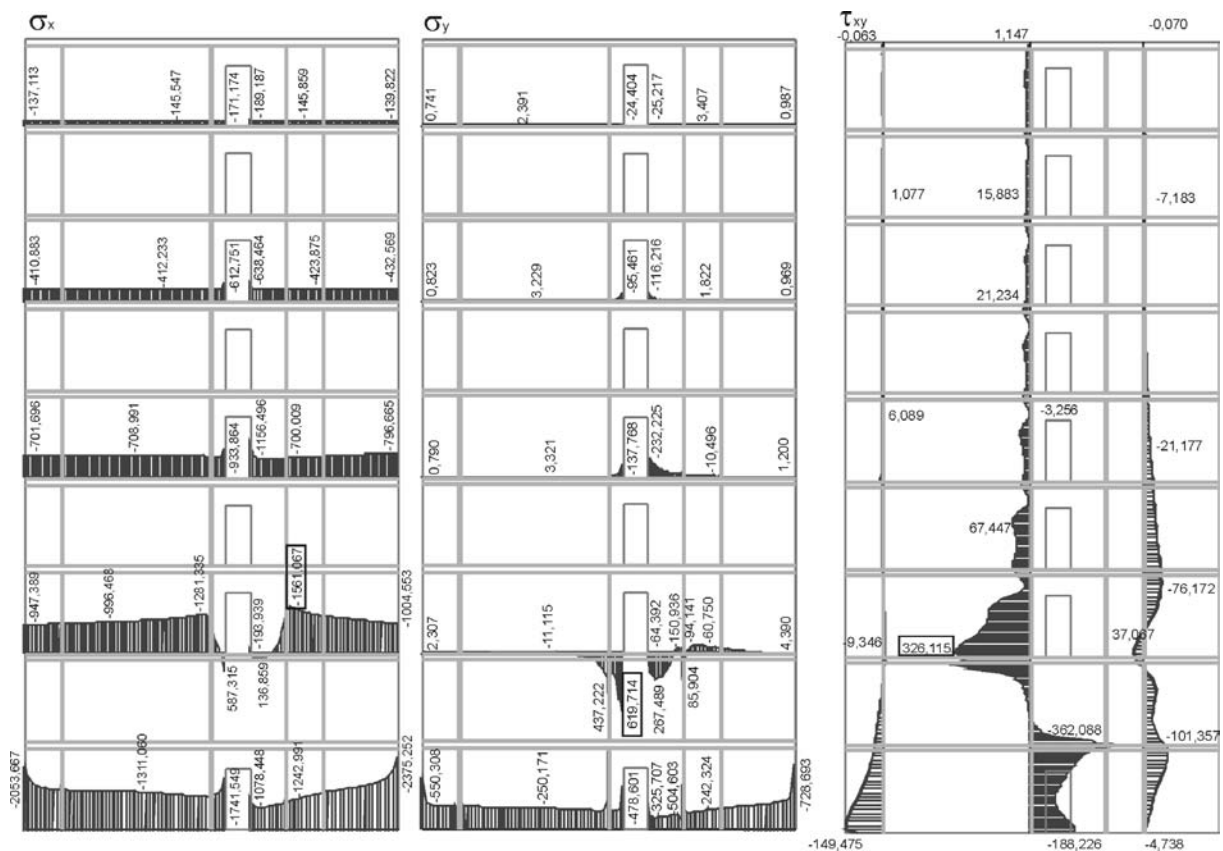
Obr. 5. Průběh napětí σ_x , σ_y a τ_{xy} v neporušené prefabrikované devítipodlažní stěně od svislého extrémního zatížení

s otvorem u fasády ve 4. patře byla překročena únosnost stěnového panelu v tlaku o 11,5 % (extrémní napětí $\sigma_{x,extr} = 4\,342,45 \text{ kPa}$). Mezní únosnost vodorovného styku „stěna

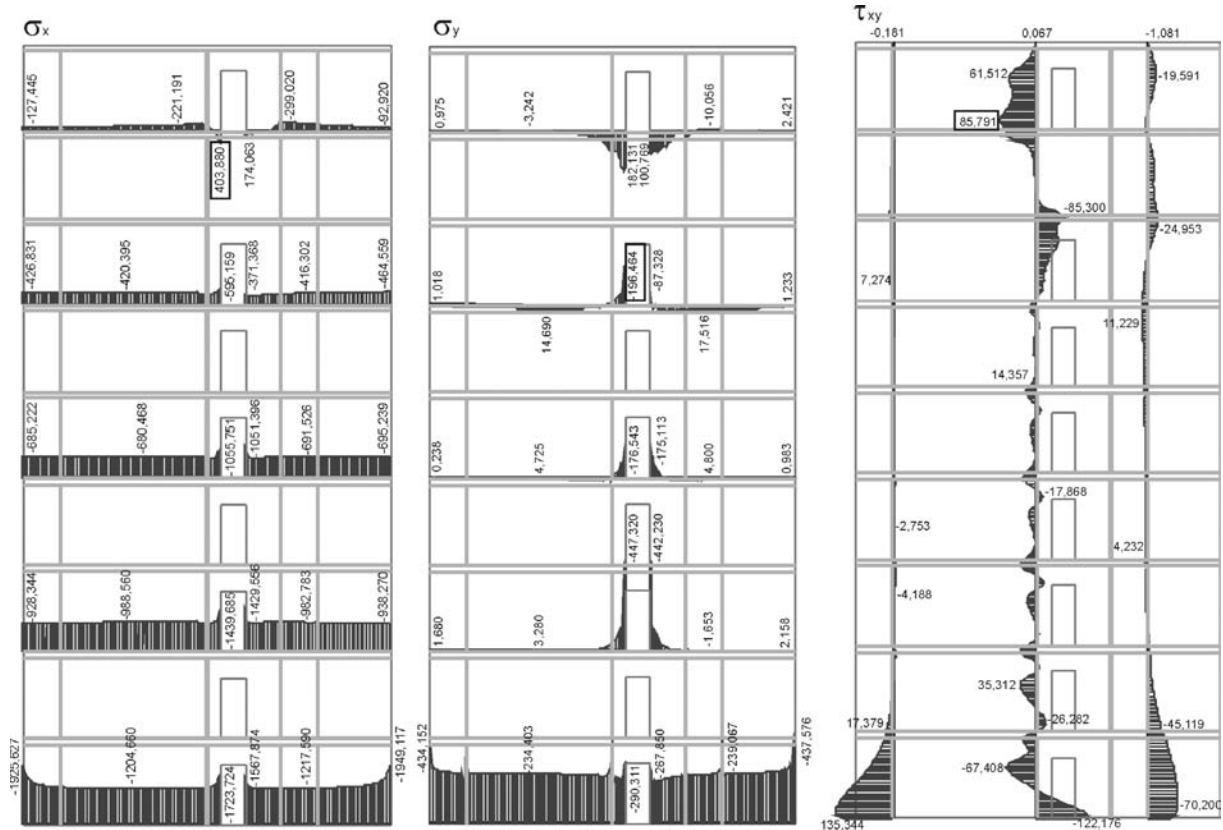
– strop – stěna“ v tlaku vykazuje ve všech vyšetřovaných případech dostatečné rezervy ($\sigma_{x,max} = 4\,342,5 \text{ kPa} < \sigma_u = 6\,014 \text{ kPa}$). V případě vyšetřované varianty C1 bylo



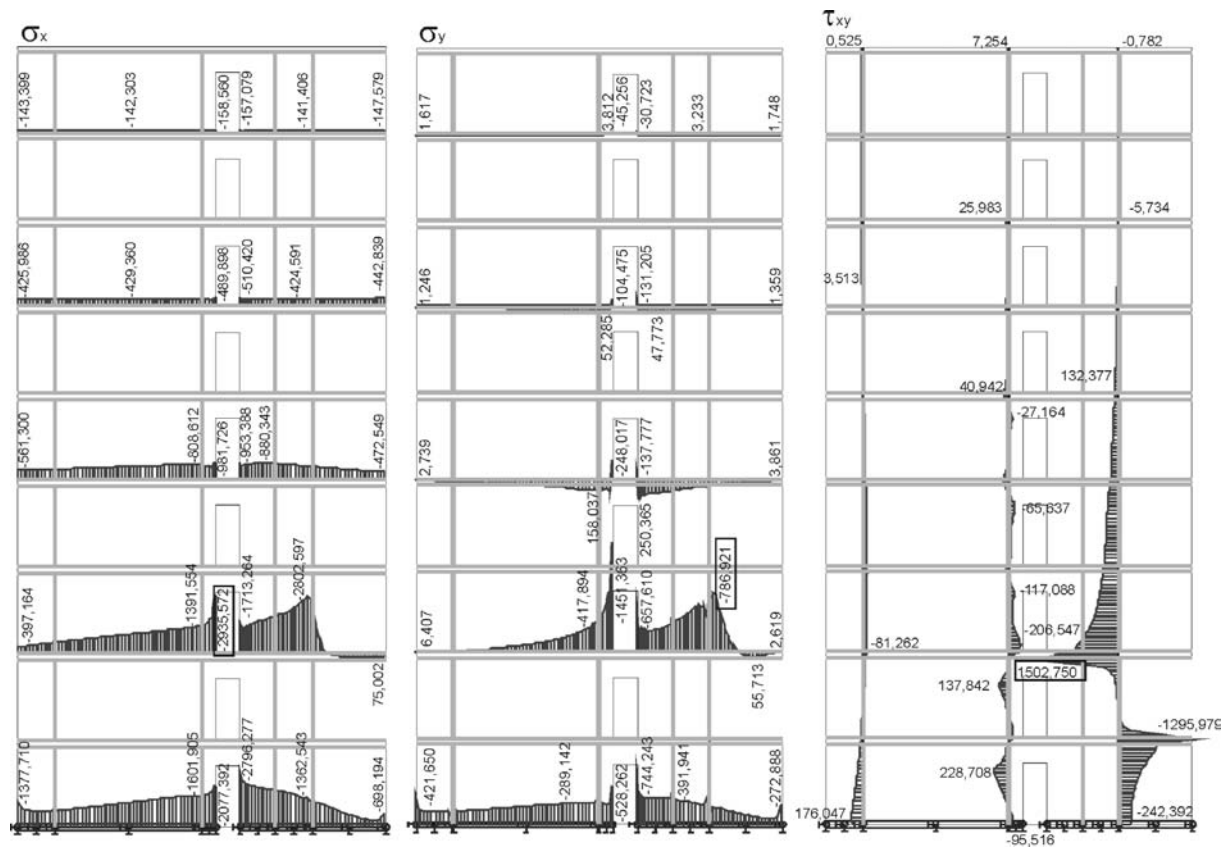
Obr. 6. Průběh napětí σ_x , σ_y a τ_{xy} v nosné stěně od svislého extrémního zatížení při vyřazení stěnového dílce šířky 1,2 m v 1. NP (varianta A1)



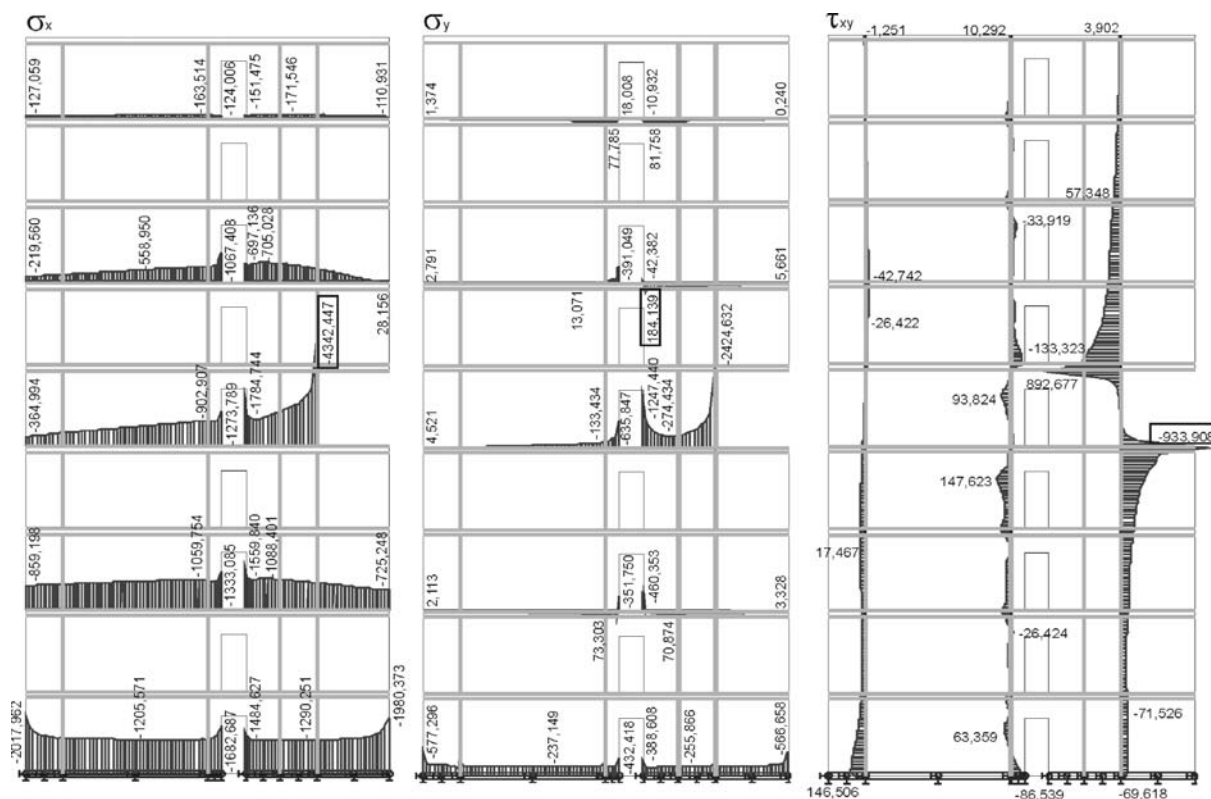
Obr. 7. Průběh napětí σ_x , σ_y a τ_{xy} v nosné stěně od svislého extrémního zatížení při vyřazení stěnového dílce šířky 2,4 m v 1. NP (varianta B1)



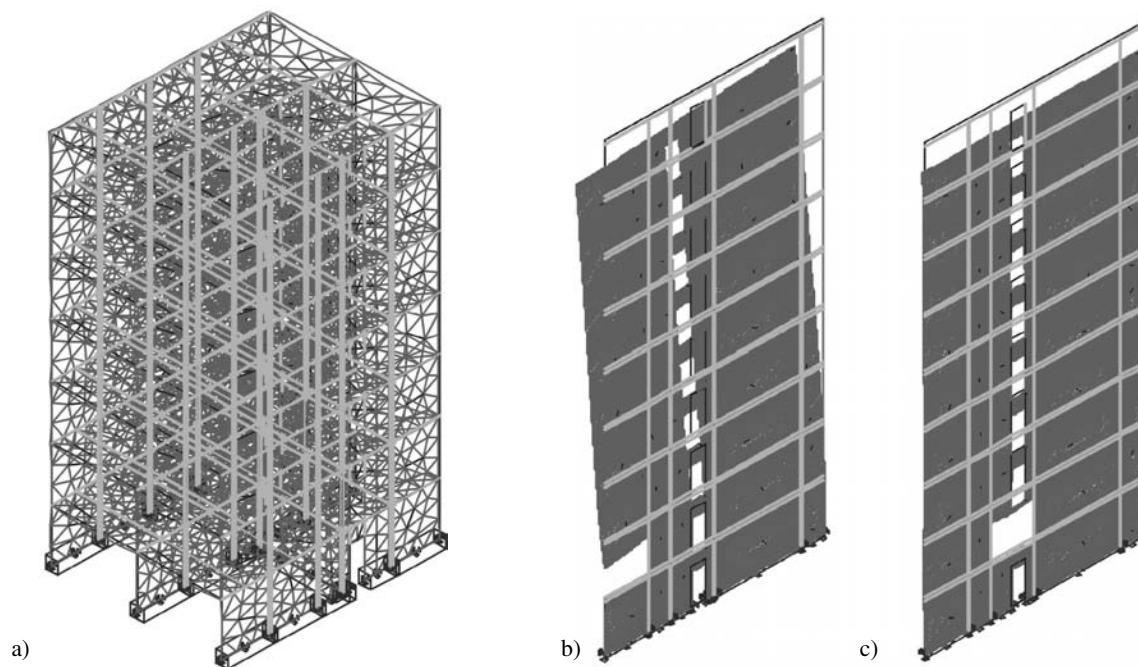
Obr. 8. Průběh napětí σ_x , σ_y a τ_{xy} v nosné stěně od svislého extrémního zatížení při vyřazení stěnového dílce šířky 2,4 m v 7. NP (varianta B7)



Obr. 9. Průběh napětí σ_x , σ_y a τ_{xy} v nosné stěně od svislého extrémního zatížení při vyřazení stěnového dílce šířky 2,4 m v 1. NP (varianta C1)



Obr. 10. Průběh napětí σ_x , σ_y a τ_{xy} v nosné stěně od svislého extrémního zatížení při vyřazení stěnového dílce šířky 2,4 m ve 4. NP (varianta C4)



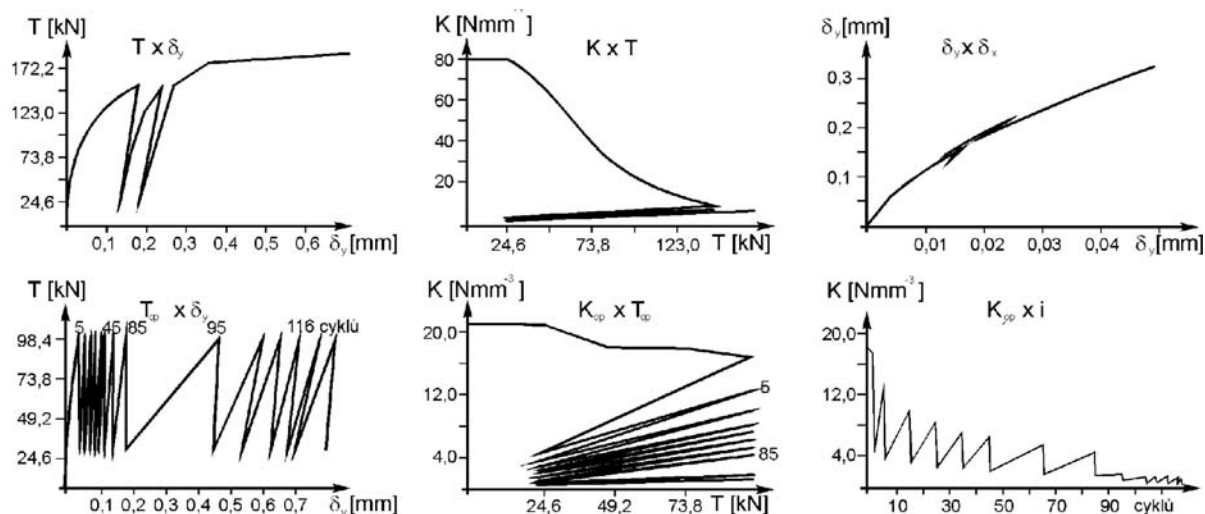
Obr. 11. Deformace objektu od svislého extrémního zatížení při vyřazení stěnového dílce šířky 2,4 m v 1. NP
a – výsek vyšetřované konstrukce, b – varianta C1, c – varianta B1

dosaženo hodnoty smykového napětí $\tau_{xy\max} = 550$ kPa, která překračuje o 14,1 % mezní únosnost svislého styku převázaného stropními panely a o 40,3 % mezní únosnost svislého styku bez účinku převázání stropními panely.

Nejslabším článkem, jak je patrné z porovnání extrémních hodnot τ_{xy} s mezní únosností svislých styků (mezní stav

únosnosti $\tau_{xy} \in (392 \text{ kPa}; 481,9 \text{ kPa})$), jsou svislé styky stěnových dílců.

V důsledku dosažení zatížení, resp. únosnosti na mezi úměrnosti v některých stycích (vznik trhlin ve styku, přechod z oblasti lineárního působení do oblasti nelineárního působení), dochází k redistribuci vnitřních sil nejen ve sty-



Obr. 12. Příklad experimentálně stanovené závislosti $T \times \delta_y$ (pracovní diagramy styku) a závislosti $K_s \times T$ (tuhost \times zatížení smykovou silou) vyztuženého styku při opakovaném zatížení smykovou silou [4]

cích, ale i v ostatních částech konstrukce, především ve svislých stěnových dílcích. Tato redistribuce je následkem poklesu tuhosti styků, v nichž bylo dosaženo únosnosti (zatížení) na mezi úměrnosti ($\tau_{u,el}$, resp. $T_{u,el}$). Při přechodu konstrukce z lineárně pružného oboru působení do nelineárně pružného v důsledku dosažení únosnosti na mezi úměrnosti některých styků (obr. 2), obecně poklesem jejich tuhosti (obr. 12), lze rozlišit tato jednotlivá stadia působení (chování) konstrukce:

I. stádium – pokles tuhosti styku vyvolává pouze lokální přerozdělení namáhání po průřezu styku a prvků spojených bezprostředně s tímto stykem (změna v rozsahu celkové výšky konstrukce), přičemž celková hodnota namáhání přenášená stykem ($\Sigma T = \int_0^H (z) dz$) se nemění ($\Sigma T_{pl} = \Sigma T_{el}$).

V tomto případě zůstávají v platnosti výsledky získané za předpokladu lineárně pružného chování, zejména není nutné v běžných případech prokazovat důsledek uvedené „lokální“ redistribuce na zvýšení celkového přetvoření konstrukce;

II. stádium – pokles tuhosti styku způsobil redistribuci sil v dalších stycích a prvcích ($\Sigma T_{pl} < \Sigma T_{el}$), avšak dochází k „ustálení“ konstrukce, změna vnitřních sil se omezuje na část konstrukce (včetně styků), přičemž přetvoření i napjatost konstrukce vyhovují kritériím I. a II. řádu, tj. pevnostním i stabilitním;

III. stádium – redistribuce sil proběhla v celé konstrukci v důsledku změny tuhosti převážné většiny nebo všech styků, přetvoření i napjatost konstrukce vyhovují příslušným pevnostním a stabilitním kritériím; konstrukce je nadále způsobilá plnit funkci;

IV. stádium – pokles tuhosti styků, a tím i vyvolaná redistribuce vnitřních sil, způsobilou plastické přetvoření styků i prvků, které postupně převzaly „zbytková“ namáhání. Konstrukce vykazuje nadměrné (z hlediska druhého mezního stavu nepřipustné) přetvoření, avšak jako celek neztrácí stabilitu;

V. stádium – dochází k porušení rovnováhy vnitřních a vnějších sil, v konstrukci nejsou již prvky schopné převzít „zbytková“ namáhání a konstrukce jako celek se blíží kolapsu.

Teoretickou analýzu chování konstrukce, jejíž jednotlivé nebo některé části přecházejí postupně z lineárně pružného chování do nelineárně pružného, umožňuje metoda konečných prvků spolu s přírůstkovou metodou, která umožňuje

aplikovat obvyklý výpočetní model MKP pro lineárně pružný materiál.

Provedená lineární numerická analýza zachycuje **první fázi odezvy konstrukce** na vyřazení stěnového dílce z nosné funkce. Pokud nedojde k následnému porušení okolní konstrukce, která přebírá „zbytkové namáhání“, při němž dochází k nárůstu normálových a smykových napětí zejména v okolí narušené konstrukce, tj. v případě dostatečné rezervy v únosnosti stěnových dílců, svislých a vodorovných styků dílců, konstrukce se ustálí. Kritickým místem – jak vyplývá z výsledků analýzy – jsou zejména styky nosných dílců. Jejich porušením, které bude následovat po překročení jejich únosnosti na mezi úměrnosti ($\tau_{u,el}$; $\sigma_{u,el}$), při současně malé oblasti jejich plastické deformace (obr. 2), nastane druhá fáze odezvy konstrukce, která bude počátkem postupného („řetězového“) narušování konstrukce až do konečného stadia destrukce (kolapsu) nosného systému.

Zvláštní pozornost z hlediska mimořádných účinků havarijního rázu vyžadují zejména panelové konstrukce s chybějícím nebo nedostatečným vyztužením stropní tabule a nevhodným řešením styků stěnových dílců, především **panelové konstrukce realizované přibližně do roku 1974**. V souvislosti s rekonstrukcí panelových objektů je v těchto případech z hlediska požadavků statické bezpečnosti vzhledem k účinkům mimořádných zatížení havarijního rázu nutné provést dodatečné vyztužení, popř. sepnutí nosných stěn v úrovni jejich vodorovných styků.

Příspěvek byl vypracován za podpory výzkumného záměru „Funkční způsobilost a optimalizace stavebních konstrukcí“ MSM 210000001.

Literatura

- [1] Funkční způsobilost a optimalizace stavebních konstrukcí. Výzkumný záměr MSM 210000001.
- [2] Witzany, J. – Pašek, J. – Čejka, T. – Zigler, R.: Konstrukce pozemních staveb 70 – Prefabrikované konstrukční systémy. ČVUT Praha 2003.
- [3] Witzany, J. a kol.: Konstrukce pozemních staveb 60 – Poruchy a rekonstrukce staveb – 2. díl. ČVUT Praha 1995.
- [4] Witzany, J.: Chování styků betonových dílců namáhaných smykem při opakovaném zatížení. Pozemní stavby, 1987, č. 8, s. 343–348.
- [5] ČSN 73 1211 Navrhování betonových konstrukcí panelových budov. ČSN, 1988.

Witzany, J. – Čejka, T. – Hruška, A.: Structural Safety of Prefabricated Wall Systems of Multi-Storey Buildings under Extreme Loading Effects

The extensive occurrences of faults in prefabricated wall structures of residential buildings was mostly caused by a lack of experience in their design and erection. Furthermore, the defects followed from underestimation of the importance of the impact of physical loading and effects in relation to structural characteristics of prefabricated wall structures with a relatively high sensitivity to deformation effects of the loading. Prefabricated wall structures generally yield to the deformation and failure mechanisms while the wall segments shift in joints damaged by cracks, ie in contact areas.

Witzany, J. – Čejka, T. – Hruška, A.: Statische Sicherheit vorgefertigter Wandsysteme mehrgeschossiger Gebäude bei der Einwirkung außerordentlicher Belastungen

Das umfangreiche Auftreten von Schäden an vorgefertigten Wandkonstruktionen von Wohnhäusern wurde vor allem durch mangelnde Erfahrungen bei Ihrer Planung und Ausführung und die Unterschätzung des schwerwiegenden Einflusses insbesondere physikalischer Belastungen und Einflüsse in Bezug auf die statischen Eigenschaften vorgefertigter Wandkonstruktionen bewirkt, die durch eine relativ hohe Empfindlichkeit gegenüber den Verformungswirkungen dieser Belastungen charakterisiert sind. Für vorgefertigte Wandkonstruktionen ist ein Mechanismus von Verformung und Störung charakteristisch, bei dem sich die Wandelemente in den durch Risse gestörten Stößen, d.h. an den Kontaktflächen, verschieben.

Výzkumné centrum průmyslového dědictví Českého vysokého učení technického v Praze

ve spolupráci s ČKAIT a ČSSI a s podporou stavovských inženýrských organizací zemí Visegrádské čtyřky, dále za účasti Národního technického muzea v Praze, Národního památkového ústavu, Kolegia pro technické památky, Sekce ochrany průmyslového dědictví, DAMU a FAMU

pořádá pod záštitou ministra kultury ČR

2. mezinárodní bienále

INDUSTRIÁLNÍ STOPY

možnosti, význam i úskalí nového využití technických a industriálních objektů

24. – 28. června 2003

Ekotechnické muzeum, Papírenská 6, Praha 6–Bubeneč

Cílem bienále je prostřednictvím výrazné mezioborové a mezigenerační akce rozvinout naléhavé téma „industriálních stop v postindustriálním světě“, diskuzi a výměnu zkušeností o aktuálních možnostech, významu i úskalích nového využití technických a industriálních objektů. Téměř týdenní program v pozoruhodném prostředí staré kanalizační čistírny v Praze–Bubenci tvoří více rovin. Souběžně budou v celém komplexu probíhat tři výstavy a výtvorné instalace:

- výstava nových a pro tento účel vzniklých studentských projektů a instalací vztahujících se ke konverzi industriálních objektů (práce z posledních dvou let, studenti FA ČVUT, FA VUT Brno a dalších škol architektury ČR,
- aktualizovaná expozice historických plánů a modelů technických děl a průmyslových staveb ze sbírek NTM – zachráněných před povodní a po ní, doplněno konstrukčními fragmenty ze soukromých sbírek,
- výstava s videoprojekcí o současných odborných aktivitách, organizacích a iniciativách nového využití průmyslového dědictví (např. VUPP, SOPD, VCPD, Kolegia pro technické památky).

Odborným vyústěním je dvoudenní mezinárodní konference členěná do programových bloků. První den v obecnější a informativní rovině představí zkušenosti a přístupy zastoupené instituce a organizace z České republiky i zahraničí. Druhý den se prostřednictvím konkrétních příkladů zaměří na vyhraněnější, v současné době diskutované téma proměny hodnotových kritérií, technických a ekonomických limitů a míry zachování autenticity při konverzi industriálních památek. Rámecem bienále se pro širší veřejnost stanou divadelní a hudební představení a instalace v režii studentů a pedagogů DAMU volně navazujících na probíhající mezinárodní výstavu scénografie a designu Pražské quadrienále.

Mechanické vlastnosti betonu za vyšších teplot

Ing. Pavel PADEVĚT, PhD.
 ČVUT – Fakulta stavební
 Praha

Vlastnosti betonu závisí na prostředí, v němž je zkoušen. K mnoha faktorům ovlivňujícím jeho mechanické vlastnosti patří teplota. Při zkouškách zatížení teplotou do 200 °C se mění zejména jeho pevnost a modul pružnosti.

Princip měření

Matematické modely chování betonu vycházejí z vlastností materiálu tak, aby dávaly co nejpřesnější výsledky. Výsledky modelování jsou závislé na kvalitě vstupních parametrů. Pro modelování vlastností betonu se používají hodnoty z měření betonu za pokojové teploty, tj. 20 °C, a 60 % relativní vlhkosti. Použití parametrů betonu při této teplotě může zkreslit výsledky modelování chování materiálu za vyšších teplot.

Výzkum chování betonu za vyšších teplot, které se používají pro modelování, probíhal na Katedře stavební mechaniky Fakulty stavební ČVUT v Praze. Vlastnosti betonu byly charakterizovány pevností, modulem pružnosti a tvarem pracovního diagramu. Křivka pracovního diagramu se měřila včetně sestupné fáze (post-peak). Její tvar je závislý na použitém betonu, průběhu zkoušení a velikosti těles. Velmi důležitý je poměr výšky a průměru zkušebních těles [1].



Obr. 1. Zatěžovací stroj DSM 2500

Uspořádání zkoušky

Vlastnosti materiálů se zkoumají na zařízeních umožňujících zaznamenání popevnostních vlastností betonu. V našem případě to byl zatěžovací stroj DSM 2500 k ověření kvazikřehkých a křehkých materiálů (obr. 1). Označení 2500 charakterizuje sílu [kN], kterou je zkušební stroj schopen při zatěžování vyvinout.

Pracovní diagramy kvazikřehkých materiálů v popevnostní části zkoušky lze vytvářet jen na zkušebních strojích, u kterých je průběh zkoušky řízen přírůstkem deformace [1]. Deformace se měří ze zdvihu zatěžovacího válce, u něhož je vyloučena možnost vzniku nespojitostí přírůstku při odečítání deformace na tělese, přímo na tělese a přes celou jeho výšku. Na povrchu je odečítaly dva příložné tenzometrické snímače umístěné ve směru axiální osy tělesa. Tím, že měly odměrnou délku 150 mm, byl vyloučen vliv okrajových částí těles, tj. ovlivnění axiálních deformací příčným napětím. Měření mimo tělesa zajišťovaly čtyři snímače v příčném řezu uspořádané po jejich obvodu po 90°. Zaznamenávaly axiální deformace přes celou výšku těles.

Příprava těles

Zkušební válce byly vyrobeny betonováním do kovových forem, které zaručují dokonalý tvar tělesa. Po vyjmutí z formy byly uloženy do vodní lázně ke zrání až do zahájení zkoušky. Poté byly tlačené plochy upraveny koncováním, tj. nanesením vyrovnávací vrstvy cementové malty, popř. sádry, na povrch tělesa. Je důležité, aby v době zkoušek měla vyrovnávací vrstva podobnou pevnost jako těleso. Sádra se používá pro koncování normálních betonů a rychlozavazný cement pro vysokopevnostní nebo vysokohodnotný beton. V popisované sérii experimentů bylo použito koncování cementovou maltou.

Koncování tlačných ploch snižuje výšku těles, která je důležitá pro určení vlivu namáhání tělesa a ovlivnění výsledné pevnosti betonu. Je-li poměr výšky k průměru podstavu $h/b < 1$, dochází na kontaktní ploše mezi tělesem a zkušebním strojem ke tření, které se přenáší do tělesa a přispívá ke zpevnění betonu. Optimálním poměrem h/b , kterým je vyloučen vliv zpevnění materiálu [2], je hodnota vyšší než 2.

Předehřívání těles v komoře (alespoň 1 hodinu) je vhodnější než zahřívání během zkoušky, protože jejich prohřátí trvá poměrně dlouho. Pro teplotu do 200 °C a průměr podstavu do 150 mm je pak zaručeno prohřátí celého tělesa.

Zkoušky betonu

Byly zvoleny dva druhy betonové směsi pro porovnání vlastností vysokohodnotného betonu HPC (50 MPa) s betonem normální pevnosti NSC (30 MPa) [3]. Beton pevnosti 30 MPa patří k často používaným materiálům, beton pevnosti 50 MPa se již řadí mezi vysokohodnotné betony, u kterých je vodní součinitel (w/c) nižší než 0,40. Plastiifikátor umožnil dobré zpracování směsi. Vodní součinitel (poměr hmotnosti vody k hmotnosti cementu) v tomto případě měl hodnotu 0,40 (tab. 2). Směs pro beton B30 byla namíchána s vodním součinitelem 0,55 (tab. 1).

Tělesa ve stáří 28 dní byla po ohřátí osazena příložnými snímači deformace a vložena do zkušebního stroje. Beton pevnosti 30 MPa se zkoušel za teploty 20, 60, 100, 125, 150 a 200 °C, beton pevnosti 50 MPa za teploty 20, 60, 100, 150, 175 a 200 °C. Pět těles z normálního betonu se zkoušelo na úrovni zadané teploty, šesté při 20 °C. Na každé teplotní úrovni u betonu 50 MPa bylo ověřováno pět těles. Pro teploty vyšší než 20 °C platilo, že čtyři tělesa byla zatěžována při vysoké teplotě a páté při 20 °C.

Tab. 1. Směs betonu pevnosti 30 MPa

Složka	Množství [kg]
písek 0-4	740
kamenivo 4-8	340
kamenivo	670
cement CEM II 32,5	325
voda	180

Tab. 2. Směs betonu pevnosti 50 MPa

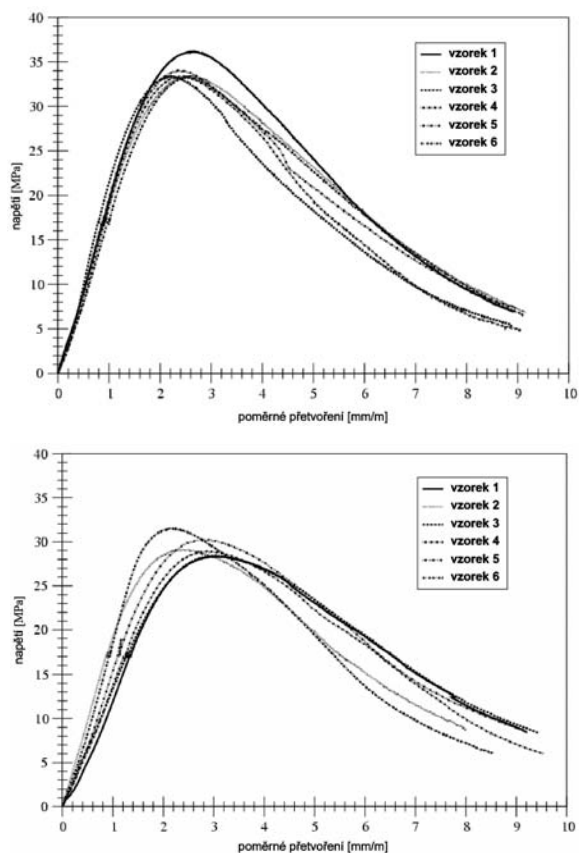
Složka	Množství [kg]
písek 0-4	751,00
kamenivo 4-8	351,00
kamenivo	706,00
cement CEM II 32,5	431,00
voda	174,30
plastifikátor Spolstan	2,17

Výsledky

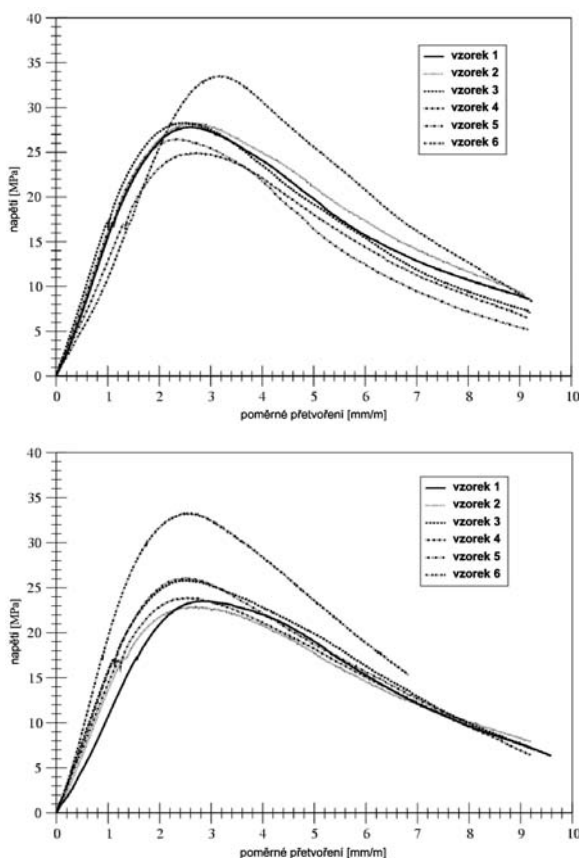
Protože zkoušky neprobíhaly současně, byla u betonu 30 MPa změněna teplota ze 175 na 125 °C na základě zkušeností s betonem 50 MPa. Při návrhu teplot pro první sérii těles (50 MPa) se vycházelo z výsledků zkoušek do 200 °C [5], založených na principu zatěžování betonu v tlaku již vychladlých těles. V pracovních diagramech betonu 30 MPa (obr. 2, obr. 3, obr. 4) je za teploty mezi 60 až 200 °C patrná změna pevnosti prvních pěti těles zkoušených při definované teplotě vůči pevnosti šestého tělesa zkoušeného při 20 °C. Velmi zajímavou částí diagramů jsou sestupné větve. U betonu 30 MPa zvolna klesají v porovnání s betonem 50 MPa. Z diagramů na obr. 5, obr. 6 a obr. 7 je patrný rychlý pokles pevnosti na sestupných větvích. U betonu pevnosti 50 MPa nejsou u teplot 60, 150 a 200 °C zobrazeny diagramy porovnávacích těles při 20 °C. V porovnání s betonem zkoušeným při 20 °C je patrný trend snižování a nárůstu pevnosti (obr. 9).

Zkoušky byly ukončeny na 20 % dosažené pevnosti betonu. Na konci sestupných větví pracovních diagramů jsou betonová tělesa porušena trhlinami. Dalším zatěžováním se zvyšuje počet uvolněných částí a dochází k drcení již velmi porušeného a velmi málo ušlechtilého materiálu. Významným důvodem pro ukončení zkoušky je také to, že při poklesu bývá vyčerpán měřicí rozsah příložných tenzometrických snímačů. Podobně jako na obr. 9 lze i na obr. 8 pozorovat pokles pevnosti s nárůstem teploty do 150 °C a následně zvýšení pevnosti při teplotě 200 °C. Velmi zajímavým intervalem se jevila oblast od 100 do 150 °C, jak je patrné z obr. 8 a obr. 9, kde se tvary křivek pevnosti vůči zkušební teplotám liší.

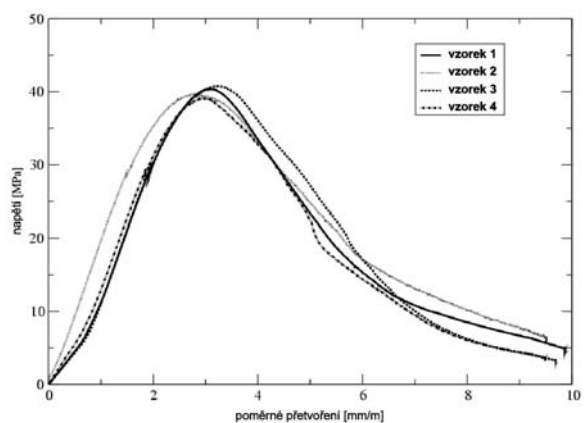
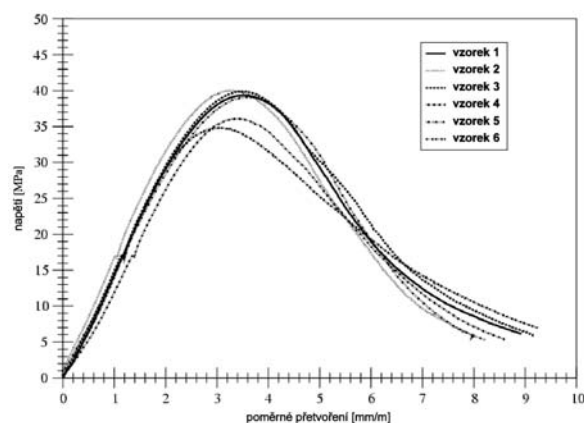
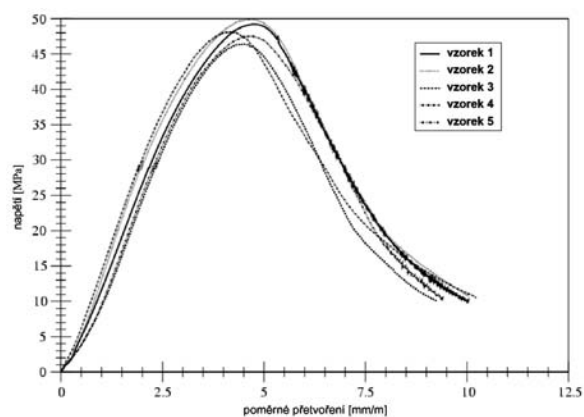
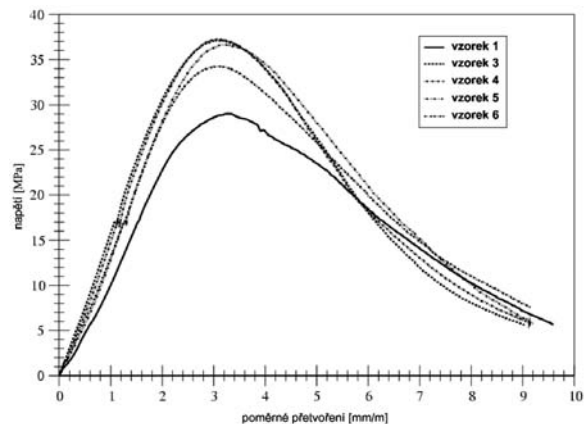
U betonu pevnosti 30 MPa byla porovnáována změna modulu pružnosti se změnou zkušební teploty. Z obrázků 2, 3 a 4 je patrné, že dochází ke snižování modulu pružnosti se



Obr. 2. Pracovní diagramy betonu pevnosti 30 MPa zatěžovaného při 20 a 60 °C

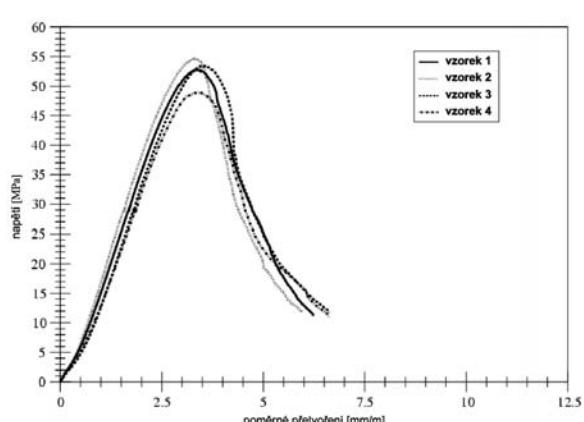
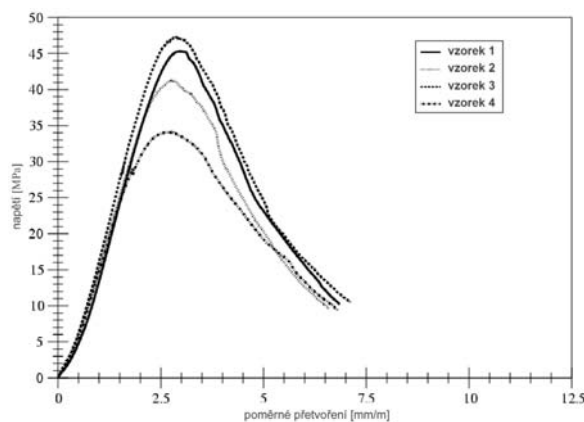
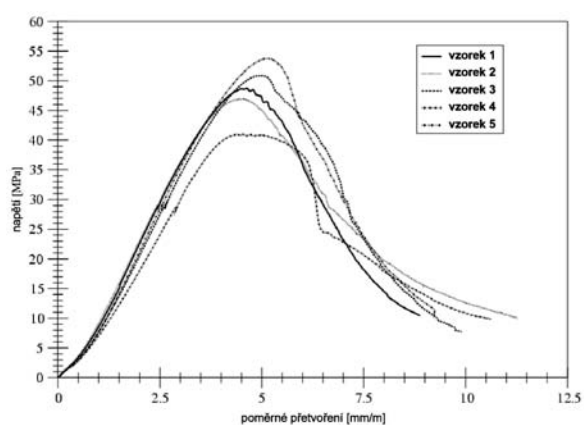
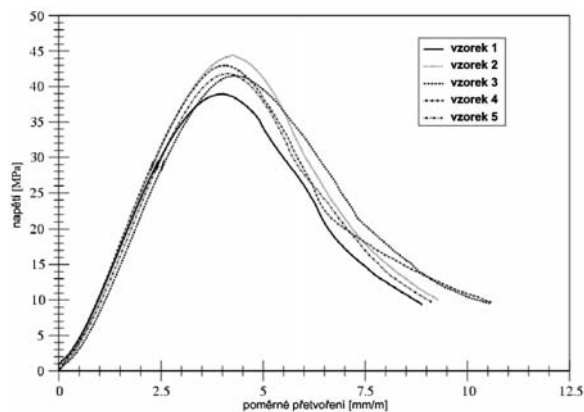


Obr. 3. Pracovní diagramy betonu pevnosti 30 MPa zatěžovaného při 100 a 125 °C



Obr. 4. Pracovní diagramy betonu pevnosti 30 MPa zatěžovaného při 150 a 200 °C

Obr. 5. Pracovní diagramy betonu pevnosti 50 MPa zatěžovaného při 20 a 60 °C



Obr. 6. Pracovní diagramy betonu pevnosti 50 MPa zatěžovaného při 100 a 150 °C

Obr. 7. Pracovní diagramy betonu pevnosti 50 MPa zatěžovaného při 175 a 200 °C

zvyšující se teplotou. V porovnání modulu pružnosti při teplotě 150 a 20 °C činí pokles až 30 %.

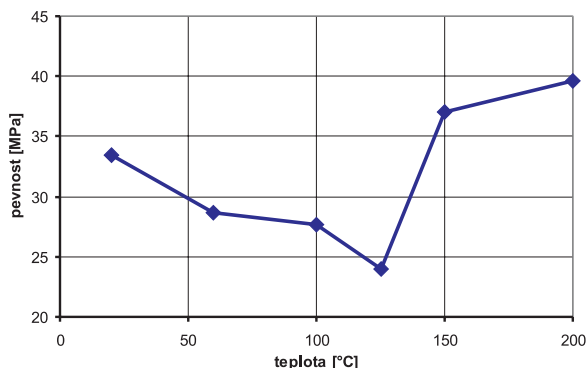
Závěr

Za působení vysokých teplot dochází v betonu ke změnám materiálových vlastností. U zkoušených těles normální pevnosti byla v rozsahu teplot 20 až 200 °C nejnižší hodnota zjištěna při 125 °C. U betonu B50 bylo dosaženo nejnižší pevnosti při 60 °C. U obou druhů betonu došlo za kritickým teplotami k nárůstu pevnosti. Jak je patrné z porovnání údajů z obr. 8 a obr. 9, dochází k poklesu pevnosti při různých teplotních úrovních. Tento jev závisí na pevnosti zkoušeného betonu. Různý tvar křivky změny pevnosti v porovnání s teplotou závisí na pevnosti betonu, a tím pravděpodobně i na druhu cementu a vodním součiniteli.

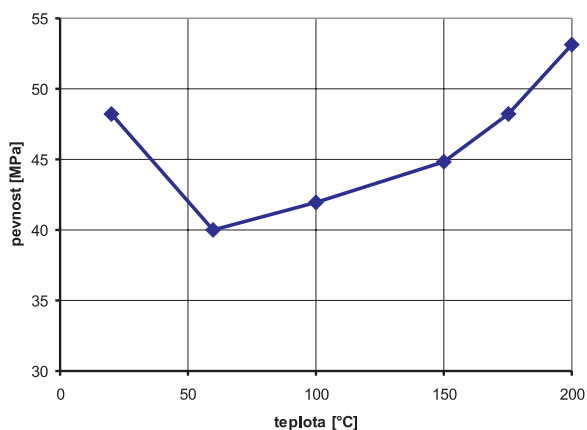
Experimenty byly provedeny v rámci grantu č. 106/02/1321.

Literatura

- [1] Padevět, P.: Experimentální zjišťování parametrů a metodika testování betonu v tlaku. [Dizertační práce], ČVUT Praha, 2000.
- [2] van Mier, J. G. M.: Fracture Processes of Concrete. Londýn, CRC Press 1997.
- [3] Aitcin, P. C.: High-Performance Concrete. Londýn, F&FN Spon 1998.
- [4] van Geel, H. J. G. M.: Uniaxial Strain Softening of Concrete. Report BKO94.09, Eindhoven University of Technology, 1994.
- [5] Padevět, P. – Konvalinka, P.: Temperature Loading of Concrete Specimen and its Effect on Stress-Strain Diagram. CTU Reports, 2001.



Obr. 8. Změna pevnosti s rostoucí teplotou u betonu pevnosti 30 MPa



Obr. 9. Změna pevnosti s rostoucí teplotou u betonu pevnosti 50 MPa

Padevět, P.: Mechanical Properties of Concrete at Higher Temperatures

Concrete properties depend on the environment of testing. The numerous factors influencing its mechanical properties include, among others, temperature. In temperature loading tests by temperature up to 200 °C, it is especially the concrete strength and modulus of elasticity that undergo change.

Padevět, P.: Mechanische Eigenschaften von Beton bei höheren Temperaturen

Die Eigenschaften von Beton sind von der Umgebung abhängig, in dem er geprüft wird. Zu den vielen Faktoren, die seine mechanischen Eigenschaften beeinflussen, gehört die Temperatur. Bei Prüfungen der Belastung durch eine Temperatur bis zu 200 °C verändert sich vor allem seine Festigkeit und das Elastizitätsmodul.

• dizertace



Hydraulika stokových sítí – kritéria transportu sedimentu

Ing. Pavel Koudelák

Dizertace se zabývá náročnou a aktuální problematikou hydraulických obvodů fungujících v systémech městského odvodnění. Odvedení odpadních vod je výrazně ovlivněno povahou transportu pevných částic. V rámci práce se řešily hydraulické i zdravotně vodohospodářské aspekty s ohledem na množství a charakter sedimentů ve stokových sítích, měření v terénu a využití výsledků výzkumů v laboratoři.

Podpora rozhodování při řízení ekonomických modelů ve stavebnictví

Ing. Daniel Macek

Přínos dizertace spočívá v optimalizaci modelů se stochastickými prvky, které popisují ekonomické procesy s nutnými nejistotami. Autor odůvodnil potřebu analýzy vstupních dat, vyhledávání chyb, kontroly citlivosti vstupních parametrů a simulace důsledků uplatnění rizik. Optimalizace je v práci založena na bázi genetických algoritmů, které byly náležitě objasněny.

Dynamický tlumič na lávce pro chodce

doc. Ing. Daniel MAKOVIČKA, DrSc.
Ing. Marie STUDNIČKOVÁ, CSc.

ČVUT – Kloknerův ústav
Praha

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

Ing. Jaroslav KORBELÁŘ
Pontex, s. r. o.
Praha

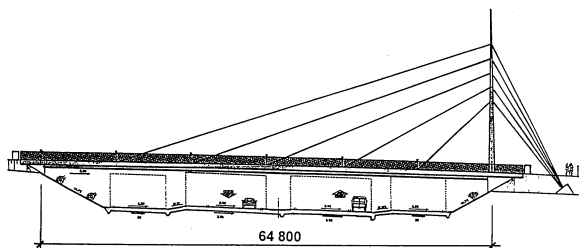
Pro lehké zavěšené konstrukce mostních lávek bývá dominantním dynamickým zatížením pohyb skupiny chodců nebo jednotlivců. Vzhledem k malému útlumu konstrukce, vyplývajícímu z jejího konstrukčního řešení, je často nutné zmírnit nadměrné vibrace vhodným tlumičem. Takovým řešením je použití dynamického tlumiče vibrací (někdy označovaného jako pohlcovač, nebo ve starší literatuře jako rezonanční tlumič).

Úvod

Mostní ocelová konstrukce zkoumané lávky je komůrková se čtyřmi tyčovými závěsy ukotvenými přes ocelobetonový spřažený pylon na jedné straně mostu do kotevních bloků (obr. 1) [1], [2]. Rozměry lávky a jejího příčného řezu jsou zřejmé z obr. 2 a obr. 3. Výpočetní model byl sestaven z konstrukčních částí:

- komorového průřezu mostu včetně plechů říms a ztužidel jako jediného prutového průřezu;
- nosných tyčových závěsů;
- pylonu (od osazení do základu až po vrchol).

Sloužil pro dynamický výpočet konstrukce lávky od vynuceného kmitání pohybem chodců. Jeho nedostatkem je, že základní nosný průřez mostu se v rovině příčného řezu na rozdíl od skutečnosti nedeformuje. Důsledkem je nadhodnocená tuhost lávky ve vodorovném směru v porovnání s dalšími z variantních modelů, respektujícími jednotlivé části komůrky mostu. Na rozdíl od tohoto modelu byl pro výpočet odezvy mostu na statická zatížení (včetně zatížení větrem) použit podrobnější model, respektující konečnou tuhost jednotlivých částí i komůrkového průřezu [2].



Obr. 1. Ideové schéma mostní lávky [1]

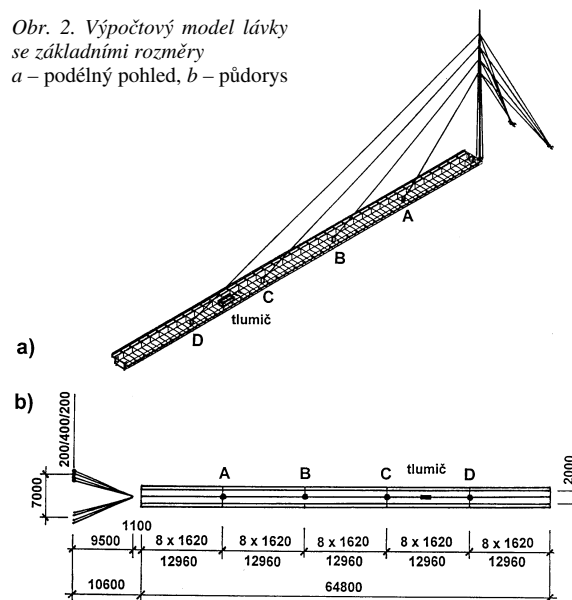
Prvky závěsů (tyčí) byly pro dynamická zatížení uvažovány jako nosníky kloubově připojené k podélné výztuze příslušného diafragmatu v těžišti komůrkového průřezu mostovky na jedné straně a na druhé straně kloubově připojené k háku na pylonu. Na opačné straně jsou kotevní tyčové závěsy kloubově připojeny k pylonu i ke kotevním základovým blokům. Kloubové připojení tyčových závěsů má stan-

dardní technickou podobu spoje vidlice s čepem, dodávaných výrobcem. Velikost hmoty závěsů je rozdělena do dvojic soustředěných hmot v místech připojení ke konstrukci (kotvení k mostovce a připojení k pylonu). Navržený dynamický tlumič byl modelován jako soustředěná hmota na nosníkovém závěsu včetně příslušného vestavěného viskózního tlumení na pozici mezi závěsy C a D. Výhodou uvedeného výpočetního modelu proti podrobnějším modelům, uvažujícím samostatně jednotlivé prvky nosného průřezu, je menší počet stupňů volnosti modelu, a tedy jeho vhodnější použití pro dynamické výpočty konstrukce.

Popis konstrukce

Lávka má rozpětí 64,80 m (obr. 1) [1], [2]. Ocelový obdélníkový komůrkový průřez mostovky z plechů tl. 10 mm je rozměrů 2 000 × 900 mm (obr. 3). Plech horní desky mostovky je vyložen na obě strany komůrky v příčném směru o 550 mm a zakončen římsou.

Obr. 2. Výpočetový model lávky se základními rozměry
a – podélný pohled, b – půdorys



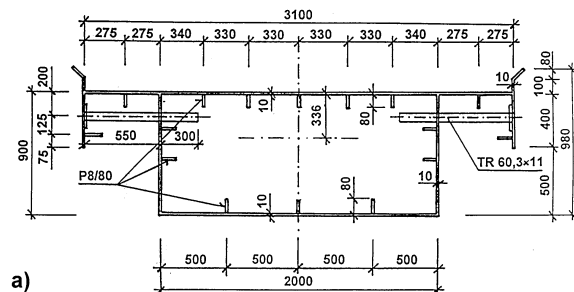
Římsy jsou svařeny s plechem horní desky mostovky a s roztečí 1 620 mm kotveny pomocí trubky TR 60,3 × 11 mm k diafragmatům ve vnitřní části komůrkového průřezu mostovky. Společně se sloupkem zábradlí kotevní trubka vyztužuje římsu. Její kontakt s plechem římsy je zprostředkován roznášecí podložkou. Římsa je u dolního okraje zpevněna průběžnou podélnou výztuhou 80 × 8 mm.

Horní deskový pás je uvnitř komůrky zpevněn pěti podélnými výztuhami 80 mm vysokými z plechu tl. 8 mm s osovými roztečemi mezi jejich stěnami 340 + 4 × 330 + 340 = 2 000 mm. Pod vyložením horní desky má plech vždy z každé strany jednu podélnou výztuhu 80 × 8 mm půlčí

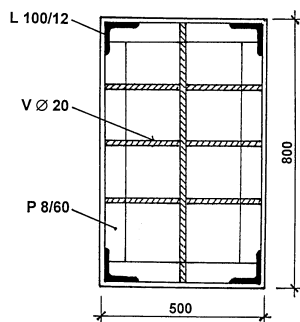
rozteč mezi římsou a komůrkou. Spodní deskový pás konstrukce má uvnitř komůrky tři podélné výztuhy vysoké 80 mm z plechu tl. 8 mm s osovými roztečemi 500 mm.

Plechý stěn komůrkové konstrukce mají uvnitř každá dvě podélné vodorovné výztuhy 80 mm vysoké z plechu tl. 8 mm s osovými roztečemi od horního plechu mostovky 250 mm a 500 mm. V místě připojení diafragmat prochází ve výšce 200 mm od horního povrchu mostovky (osově) trubka římsových plechů, která je přivařena k diafragmatům na délku 300 mm a plní kromě propojení komůrkové konstrukce s římsou i funkci výztuhy diafragmatu. V diafragmatech ztužujících komůrkový průřez mostovky v pravidelné rozteči 1 620 mm (obr. 2) jsou, kromě krajních, ve střední části dva průřezné otvory $\varnothing 600$ mm. Všechna, kromě krajních z obou stran lávky, jsou tl. 10 mm, krajní jsou tl. 16 mm bez otvorů. V místě připojení tyčových závěsů je ve střední části diafragmatu doplněn podélný plech výztuhy tl. 20 mm na délku 150 mm za diafragmatem (směrem od pylonu) a 450 mm před diafragmatem (směrem k pylonu).

V ekvidistantní vzdálenosti $8 \times 1\,620 = 12\,960$ mm (obr. 2a) jsou na mostovce osazeny čtyři tyčové závěsy (tyče VSL CT $\varnothing 56$ mm). Připojení závěsných tyčí ke komůrkové konstrukci lávky i ke kotevním plechům pylonu je v provedení kloubové fungujících čepů (profil dřívku čepu $\varnothing 75$ mm, profil hlavy čepu $\varnothing 142$ mm). Čepy jsou osazeny v koncové vidlici závěsů a procházejí kotevním plechem výztuhy tl. 20 mm.



a)



b)

Obr. 3. Příčný řez

a – mostkovým nosníkem mezi diafragmaty,
b – schematický řez pylonem

Pylon je ocelobetonová spřažená konstrukce proměnného průřezu ve tvaru komolého jehlanu s průřezem 800×500 mm (obr. 1) na úrovni vetknutí pylonu do základu a 80×50 mm na jeho vrcholu. Obvodový plech tl. 10 mm je ve vnitřních rozích vyztužen po výšce čtyřmi rovnoramennými úhelníky L 100/12 (obr. 3b). Spřahovací výztuž z pásoviny P 8/60, navařena k plechu i k úhelníkům, tvoří uvnitř pylonu příčné výztužné rámy. Jejich protilehlé strany jsou proti sobě převázány výztuhami z betonářské oceli $\varnothing V 20$ v příčném (3 kusy) i podélném (1 kus) směru (vzhledem k hlavním rozměrům lávky). Vnitřní výztužné rámy se opakují po

250 mm výšky pylonu. Pylon je z betonu C30/37. Vnitřní výtuž (rámy a podélné úhelníky) plní rovněž funkci spřahovací výztuže (obr. 3b).

Pylon výšky 23 m, umístěný v ose lávky, je vetknut do železobetonového základového bloku. Závěsy jsou osazeny mezi kótami +12,50 a +18,50 ve vzdálenostech 2 000 mm (obr. 2a). Vnitřek je z betonu C30/37. Plechy pro kotvení dvojic závěsů probíhají tělesem pylonu, jsou přivařeny k obvodovému plechu a ve vnitřní části pylonu jsou přivařeny k vnitřní výtuži. Spojovací čepy závěsů mají stejný profil jako čepy připojující závěsy ke komůrkové konstrukci mostovky.

Komůrková konstrukce mostovky je osazena na pěti mostních ložiscích. Pro přenesení svislých reakcí a reakcí v příčném směru od komůrkové konstrukce mostovky jsou ložiska pro účely výpočtu označena jako vertikální (celkem čtyři). Tento typ plní funkci posuvných kloubových podpěr. Pod komůrkou mostu jsou ložiska rozmístěna ve dvojicích na obou koncích lávky v horizontální příčné rozteči 1 500 mm (osově). Nad osou jednotlivých ložisek je komůrka mostovky ztužena podélným vertikálním plechem tl. 10 mm na délku 500 mm na celou svou výšku.

Na straně u pylonu je umístěno proti koncovému diafragmatu jedno horizontální ložisko pro přenesení vodorovných podélných reakcí z komůrkové konstrukce hlavního nosníku. Plechy ložiska jsou rovnoběžné s plechem koncového diafragmatu. Ložisko umožňuje pohyb konstrukce lávky ve vertikálním směru a pootáčení okolo příčné osy mostovky. Je umístěno v podélné těžišové ose mostu a rozepřeno proti konstrukci pylonu.

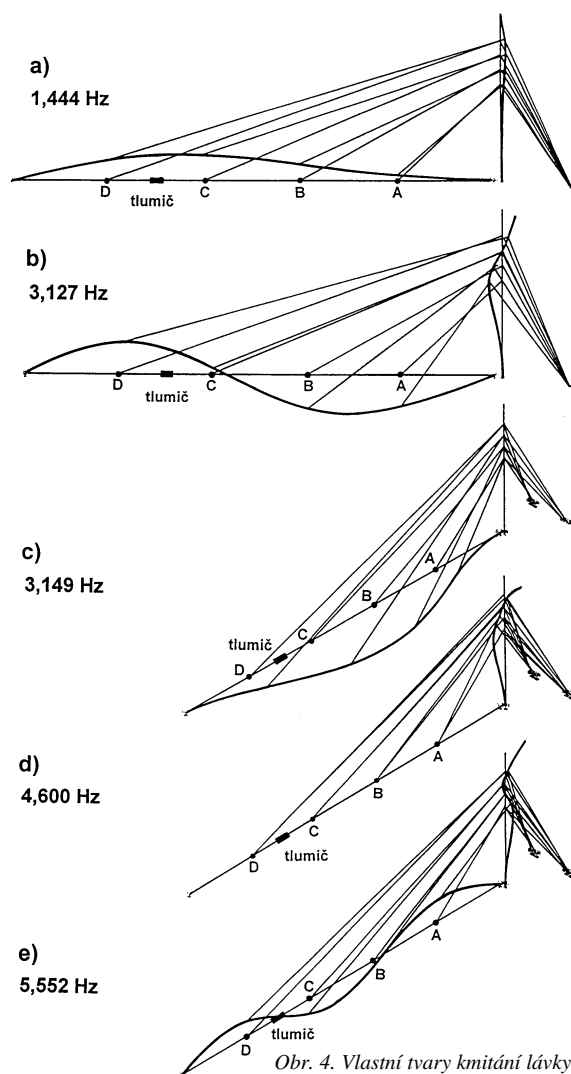
Uvnitř komůrkové konstrukce mostovky, v polovině rozpětí mezi 2. a 3. závěsem na vzdálenější straně od pylonu, je umístěn vertikální dynamický tlumič vibrací se setrvačnou hmotou 800 kg (obr. 2). Tato hmota je konstrukčně provedena tak, aby ji bylo možné na základě skutečného naladění mostu (zjištěného měřením při uvádění do provozu) měnit až o ± 50 kg (odhad v závislosti na skutečném provedení lávky). Rám tlumiče je připojen šroubovými spoji k výztuhám uvnitř mostní komůrky.

Výpočet vlastního kmitání lávky

Nejnižší vypočtené vlastní frekvence kmitání mostu včetně jejich popisu jsou přehledně uvedeny v tab. 1, tvary kmitání jsou na obr. 4. Osazení tlumiče v konstrukci je navrhováno pro omezení konkrétní frekvenční složky vibrací nebo jejího násobku, pro něž dosahují vibrace konstrukce (bez tlumiče) nadměrných hodnot. V našem případě je tlumič navržen pro omezení vibrací na nejnižší vlastní frekvenci vertikálního ohybového kmitání (1,444 Hz) – viz tab. 1. Původní vrchol základní vlastní frekvence mostu na 1,444 Hz se tak rozdělí do dvou vrcholů (na 1,305 a 1,534 Hz), které jsou vždy v těsné blízkosti původní frekvence, pokud soustava má relativně malý útlum – důvodem pro toto rozdělení frekvenční špičky je zvětšení stupňů volnosti přidáním pohyblivé setrvačné hmoty tlumiče na jeho pružinových závěsech. Při velkém útlumu závěsných pružin má frekvenční závislost jeden vrchol v této oblasti jako soustava s jedním stupněm volnosti. Tvary kmitání vlastní lávky se na těchto blízkých frekvencích v podstatě neliší; rozdíl je pouze v pozici kmitny příslušného vlastního tvaru. Přesná definice tvaru, který odpovídá příslušné špičce (z dvojice frekvencí 1,305 a 1,534 Hz) vlastního kmitání, závisí na naladění tlumiče vůči mostní konstrukci, útlumu soustavy a jejich částí [6], [7], [8].

Tab. 1. Nejnižší vlastní frekvence $f_{(i)}$ kmitání lávky

Vlastní frekvence konstrukce $f_{(i)}$ [Hz]		Popis vlastního tvaru kmitání	Obr. 4
bez tlumiče	s tlumičem		
1,444	1,305	základní ohybový tvar vertikálního kmitání mostovkového nosníku	a
	1,534		
3,107	3,127	druhý ohybový tvar vertikálního kmitání mostovkového nosníku	b
3,128	3,149	základní ohybový tvar horizontálního příčného kmitání mostovkového nosníku	c
4,559	4,600	základní ohybový tvar horizontálního příčného kmitání pylonu	d
–	5,552	třetí ohybový tvar vertikálního kmitání mostovkového nosníku	e



Obr. 4. Vlastní tvary kmitání lávky

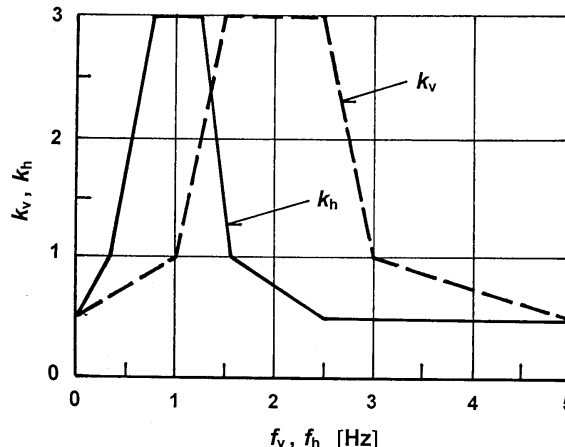
Rovněž přidáním hmoty tlumiče ke konstrukci lávky jsou ovlivněny (mírně posunuty po frekvenční ose, nikoli roz dvojeny) i ostatní nejbližší frekvence. Ostatní vyšší vlastní frekvence kmitání pylonu a kmitání nosníku mostovky nejsou přidáním relativně malé hmoty tlumiče téměř ovlivněny.

Dynamický tlumič vibrací

Pro omezení kmitání jakékoli konstrukce, tedy nejen lávky, lze použít dynamický tlumič kmitání, který se dříve označoval jako rezonanční tlumič kmitání [7] nebo v novější české literatuře pohlcovač. V americké literatuře se stále používá název dynamický tlumič kmitání. Důvodem je

skutečnost, že tlumič je laděn s malou frekvenční diferencí do blízkosti dominantní frekvence konstrukce, na niž vibrace dosahují nepřijatelných hodnot úrovně kmitání (je tedy naladěn do rezonanční oblasti tlumené dominantní frekvence). V našem případě jsou pro kmitání lávky ve vertikálním směru dominantní vlastní frekvence základní na $f_{(1)} = 1,444$ Hz a vyšší harmonická na $f_{(2)} = 3,107$ Hz, které by měl dynamický tlumič významně utlumit.

Jeho parametry jsou navrhovány podle výsledků výpočtu vlastního kmitání, v našem případě pro utlumení první a druhé vlastní frekvence ohybového kmitání lávky ve vertikální rovině (tab. 1). Při výpočtu vlastního kmitání byla do hmoty konstrukce lávky zahrnuta hmotnost odpovídající jednotlivým stálým zatížením. Tato zatížení, resp. jim odpovídající hmotnost, mají jisté rezervy, např. na osvětlení, drobné odchylky od osového schématu modelů v důsledku imperfekcí průřezů, nebo hmoty náterů. Při výpočtu vnitřních sil jsou zpravidla nejrušnější imperfekce pokryty součiniteli zatížení. Na rozdíl od statických zatížení jsou při výpočtu vlastního kmitání lávky, podle něhož jsou parametry tlumiče navrženy, ve výpočtu odpovídající hmotnosti konstrukce uvažovány svou charakteristickou hodnotou (tedy se součinitelem zatížení 1). Důsledkem toho je, že vypočtená frekvence může být mírně odlišná od skutečné. Aby tlumič správně plnil svou funkci, musí jeho naladění respektovat skutečnou frekvenci pohybu, která má být utlumena. Proto se doporučuje ověřovací dynamické měření na hotové konstrukci a následná oprava setrvačné hmoty či tuhosti tlumiče podle velikosti tlumené frekvenční složky, tedy podle skutečného stavu lávky.



Obr. 5. Závislost součinitelů působení $k_v(f_v)$ a $k_h(f_h)$ od pohybu chodců po lávce na příslušné vlastní ohybové frekvenci $f_{(i)}$ lávky, odpovídající vertikální f_v , nebo horizontální f_h vlastní frekvenci [4]

Tlumič je ocelová konstrukce naladěná do blízkosti nejnižší vlastní ohybové konstrukce mostu (ve vertikálním směru):

- vlastní frekvence lávky

$$f_{(1)} = 1,444 \text{ Hz};$$

- naladěný tlumič

$$f = 0,95 \cdot 1,444 = 1,372 \text{ Hz};$$

- setrvačná hmota tlumiče

$$m = 800 \text{ kg};$$

- závěs setrvačné hmoty – náhradní prut

– výška (odhad výšky pružin)

$$l = 0,2 \text{ m},$$

– průřezová plocha

$$A = \pi \cdot 0,2^2 / 4 = 0,0314 \text{ m}^2,$$

– tuhost prutu modelujícího pružinové závěsy

(celková tuhost odpružené hmoty tlumiče – vertikálně)

$$k = EA / l,$$

jelikož

$$k = m \cdot 4 \pi^2 \cdot f^2 = 0,8 \cdot 4 \pi^2 \cdot 1,372^2 = 59,451 \text{ kN/m},$$

lze vypočítat modul pružnosti náhradního závěsného prutu

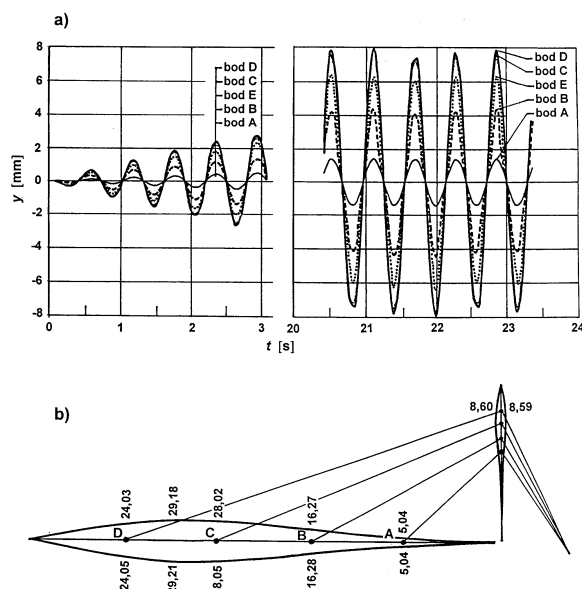
$$E = k \cdot l / A = 59,451 \cdot 0,2 / 0,0314 = 378,67 \text{ kPa}.$$

Závěsy tlumiče (rám s pružinami) jsou pevně připojeny ke konstrukci uvnitř komůrky mostu. Při řešení možnosti připojení je nezbytné pamatovat na pohyb setrvačné hmoty tlumiče na pružinových závěsech – v našem případě ve vertikálním směru – podle výpočtu do cca ± 30 mm (obr. 7, obr. 8, obr. 9) tak, aby nedošlo k nárazům na stěny komůrkového průřezu mostu. V našem případě odpovídá odhadnutý útlum pružinových prvků pryží potaženým pružinám (pro zvýšení útlumu běžné ocelové pružiny), tedy závěsným pružinám bez dalších vložených viskózních prvků (např. viskózních tlumičů). Takto vytvořená konstrukce není na údržbu náročná.

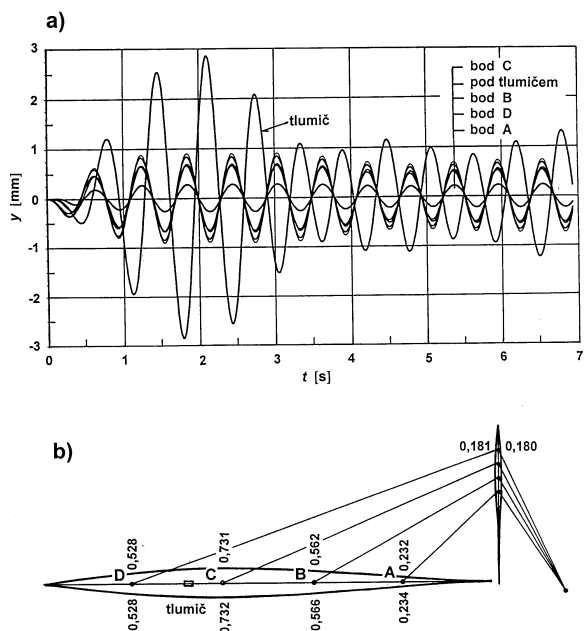
Útlum dynamického tlumiče s takto ošetřenými pružinovými závěsy byl pro výpočet konzervativně odhadnut hodnotou poměrného útlumu 5 % [5]. Ve skutečnosti je mírně vyšší, nicméně uvažovaná hodnota je ve prospěch konzervativnosti řešení. V případě potřeby lze použít i dynamické tlumiče s vestavěnými viskózními prvky, jejichž útlum je 10 % i větší, což je ve prospěch jejich účinnosti.

Při rezonančním rozkmitání konstrukce působením vnějších účinků, v našem případě pohybu chodců, dochází ke změně fáze pohybu té části konstrukce, která prochází rezonancí. Využitím tohoto jevu při rozkmitání konstrukce lávky v utlumované frekvenční složce vibrací zakmitá tlumič v protifázi s pohybem lávky (jeho vlastní frekvence je posunuta mírně níže proti frekvenci lávky). Z časového průběhu kmitání na obr. 7a, obr. 8a a obr. 9a je zřejmé, že v okamžiku rozkmitání konstrukce při začátku působení zatížení se začne spolu s tlumenou konstrukcí rozkmitávat i tlumič. Díky jeho rezonančnímu naladění velmi brzy, přibližně ve druhém až třetím výkmitu, se kmitání tlumiče dostane do protifáze s tlumenou konstrukcí lávky (zatímco lávka se pohybuje v jednom směru, tlumič se pohybuje v opačném). Vzhledem k působení setrvačných sil tlumiče proti pohybu lávky tak prvotní rozkmitání konstrukce velmi brzy klesne na nižší hodnoty, odpovídající ustálenému stavu. V tomto režimu kmitá konstrukce lávky i tlumič po zbytek doby působení zatížení (aktivity chodců na lávce), pak dojde k dalšímu omezení vibrací a dokmitání lávky ve volném kmitání.

Větší výchylky setrvačné hmoty tlumiče v počáteční fázi jeho rozkmitání nejsou na závadu provozu lávky, neboť kmitání je skryto uvnitř komůrkového průřezu mostovky a kmitající setrvačná hmota tlumiče na pružinách je tak konstrukčně řešena, aby ani při maximálním výkmitu jeho setrvačné hmoty nedocházelo k nárazům na stěny nosného komůrkového průřezu mostovky. Protože druhá vlastní frekvence vertikálního kmitání lávky je přibližně dvojná-



Obr. 6. Vynucené kmitání lávky bez tlumiče na frekvenci 1,444 Hz
a – časový průběh výchylky lávky od působení osamělé síly,
b – obálka ustáleného kmitání od působení spojitého zatížení



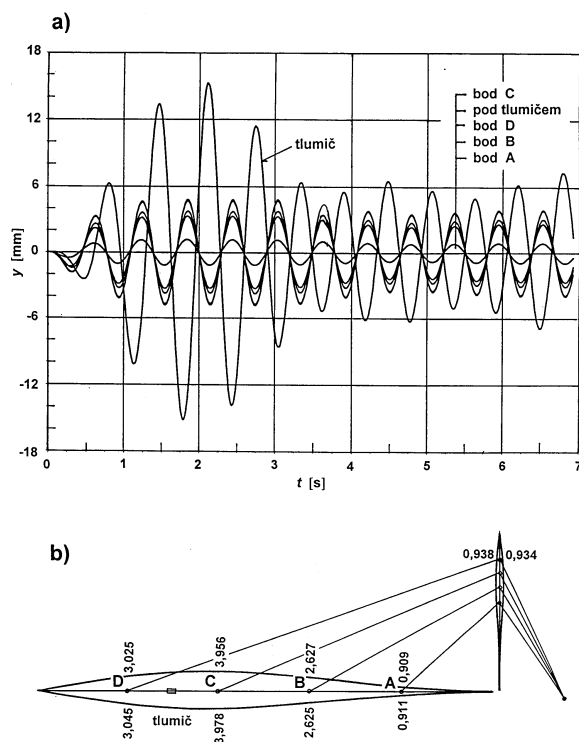
Obr. 7. Vynucené kmitání lávky s tlumičem v okolí 1,444 Hz
od působení osamělé síly
a – časový průběh výchylky lávky a setrvačné hmoty tlumiče,
b – obálka ustáleného kmitání

sobkem základní frekvence mostu, tlumič spolehlivě utlumí i tuto vlastní frekvenci (obr. 9a).

V příčném a podélném směru je tlumič navržen jako tuhý (pevné vedení setrvačné hmoty), takže kromě vlastní hmotnosti kmitání konstrukce v těchto směrech neovlivňuje. Silové působení na závěsy tlumiče je dáno součinem hmoty a příslušného zrychlení. Uvážíme-li zjednodušeně pohyb setrvačné hmoty s rezervou do 30 mm, pak dynamická síla od kmitající setrvačné hmoty přenášená do konstrukce na nejnižší vlastní vertikální frekvenci $f_{(1)}$

$$F = m \cdot (2 \cdot \pi \cdot f_{(1)})^2 \cdot y = 0,800 \cdot (2 \cdot \pi \cdot 1,444)^2 \cdot 0,03 = 1,98 \text{ kN}.$$

Zpřesnění výpočtu sil na upevnění tlumiče je možné, když za výchylku y dosadíme vypočtené hodnoty kmitání podle obr. 7a, obr. 8a pro frekvenci $f_{(1)}$ a obr. 9a pro frekvenci $f_{(2)}$.



Obr. 8. Vynucené kmitání lávky s tlumičem v okolí 1,444 Hz od působení spojitého zatížení
 a – časový průběh výchylky lávky a setrvačné hmoty tlumiče,
 b – obálka ustáleného kmitání

Výpočet a posouzení vynuceného kmitání lávky

Vertikální dynamické zatížení

Dynamické zatížení od chodců se uvažuje podle návrhu prEN 1991-2 [4]. Pokud vertikální ohybová frekvence vlastního kmitání leží v rozmezí $1,4 < f_v < 3,4$ Hz, je nutné se vertikálním vynuceným kmitáním zabývat [9]. Do této frekvenční oblasti spadají dva nejnižší vlastní tvary kmitání s vlastními frekvencemi $f_{(1)} = 1,444$ Hz a $f_{(2)} = 3,127$ Hz, pro něž je nutné velikost vertikálního dynamického zatížení stanovit.

● **Skupina chodců**

Sílu odpovídající vertikálním účinkům od skupiny chodců působících jako osamělá síla lze uvažovat v místě největší amplitudy (kmitny) příslušného vlastního tvaru (obr. 4)

$$Q_{gv} = 280 \cdot k_v(f_v) \cdot \sin(2\pi \cdot f_v \cdot t) \quad [N],$$

kde $k_v(f_v)$ je součinitel působení v závislosti na frekvenci vertikálního ohybového kmitání f_v podle obr. 5.

Pro nejnižší vlastní frekvenci vertikálního ohybového kmitání $f_v = f_{(1)} = 1,444$ Hz

$$Q_{gv} = 280 \cdot 2,776 \cdot \sin(2\pi \cdot 1,444 t) = 777 \cdot \sin(2\pi \cdot 1,444 t) \quad [N].$$

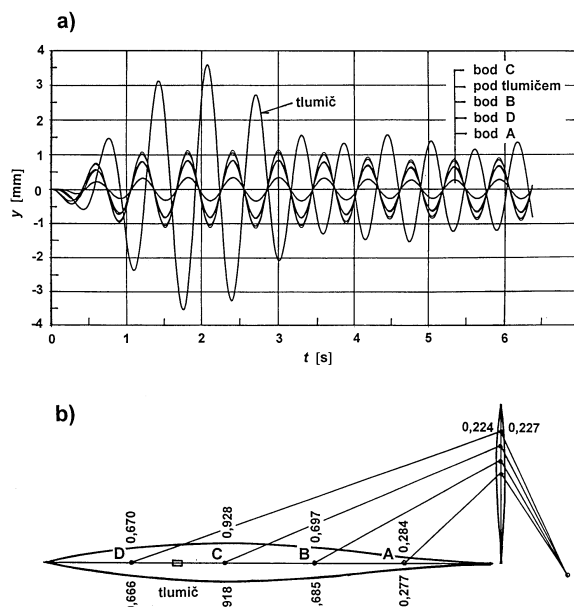
Pro další vyšší vlastní frekvenci vertikálního ohybového kmitání $f_v = f_{(2)} = 3,127$ Hz

$$Q_{gv} = 280 \cdot 0,968 \cdot \sin(2\pi \cdot 3,127 t) = 271 \cdot \sin(2\pi \cdot 3,127 t) \quad [N].$$

● **Spojité proud chodců**

Rovnoměrné spojitě zatížení po celé šířce lávky v místech stejného znaménka příslušného výkmitu (na celou délku příslušné části tvaru kmitání) vlastního tvaru kmitání (obr. 4)

$$q_{sv} = 12,6 \cdot k_v(f_v) \cdot \sin(2\pi \cdot f_v \cdot t) \quad [N/m^2].$$



Obr. 9. Vynucené kmitání lávky s tlumičem na frekvenci 3,127 Hz od působení spojitého zatížení
 a – časový průběh výchylky lávky a setrvačné hmoty tlumiče,
 b – obálka ustáleného kmitání

Pro nejnižší vlastní frekvenci vertikálního ohybového kmitání $f_v = f_{(1)} = 1,444$ Hz

$$q_{sv} = 12,6 \cdot 2,776 \cdot \sin(2\pi \cdot 1,444 t) = 35,0 \cdot \sin(2\pi \cdot 1,444 t) \quad [N/m^2],$$

$$q' = q_{sv} \cdot b = q_{sv} \cdot 3,100 = 0,1084 \cdot \sin(2\pi \cdot 1,444 t) \quad [kN/m].$$

Pro další vyšší vlastní frekvenci vertikálního ohybového kmitání $f_v = f_{(2)} = 3,127$ Hz

$$q_{sv} = 12,6 \cdot 0,968 \cdot \sin(2\pi \cdot 3,127 t) = 12,2 \cdot \sin(2\pi \cdot 3,127 t) \quad [N/m^2],$$

$$q' = q_{sv} \cdot b = q_{sv} \cdot 3,100 = 0,0378 \cdot \sin(2\pi \cdot 3,127 t) \quad [kN/m].$$

Horizontální dynamické zatížení

Pokud horizontální ohybová frekvence vlastního kmitání leží v rozmezí frekvencí $0,5 \text{ Hz} < f_h < 1,5 \text{ Hz}$, je nutné se horizontálním vynuceným kmitáním zabývat. Pro úplnost je dále uvedeno stanovení horizontálního zatížení i pro tento případ.

● **Skupina chodců**

Síla odpovídající horizontálním účinkům od skupiny chodců působí obdobně jako v předchozím případě vertikálních účinků v místě největší amplitudy příslušného vlastního tvaru

$$Q_{gh} = 70 \cdot k_h(f_h) \cdot \sin(2\pi \cdot f_h \cdot t) \quad [N],$$

kde $k_h(f_h)$ je součinitel působení v závislosti na frekvenci f_h podle tab. 2.

● **Spojité proud chodců**

Rovnoměrné spojitě zatížení po celé šířce lávky v místech stejného znaménka příslušného vlastního tvaru

$$q_{sh} = 3,2 \cdot k_h(f_h) \cdot \sin(2\pi \cdot f_h \cdot t) \quad [N/m^2].$$

Do této frekvenční oblasti nespádají žádné vlastní tvary kmitání horizontálního kmitání posuzované lávky. Nejnižší

vlastní tvar horizontálního (příčného) kmitání leží na $f_h = f_{(3)} = 3,128$ Hz, je tedy dostatečně vysoko nad oblastí, pro kterou je požadován dynamický výpočet. To znamená, že výpočet horizontálního vynuceného kmitání není pro posuzovanou lávku nutný.

Výpočet odezvy konstrukce pro vertikální zatížení

Výpočetní program FEAT 2000 umožňuje výpočet kmitání konstrukce pro obecný časový průběh budící síly. Její časový průběh byl modelován jako sinusový průběh na příslušné vlastní frekvenci. Útlum se pro tento způsob výpočtu zavádí součinitelem α při matici hmotnosti a součinitelem β při matici tuhosti soustavy. Jejich velikost lze stanovit z nejnižší vlastní frekvence a příslušného poměrného útlumu soustavy. Protože je lávka vybavena tlumičem, byl pro výpočet kmitání použit poměrný útlum 5 %, tedy $D = 0,05$. Součinitele α a β se pak vypočtou ze vztahů

$$\alpha = D \cdot 2 \pi \cdot f_{(1)} = 0,05 \cdot 2 \pi \cdot 1,444 = 0,453 \text{ 65,}$$

$$\beta = D / (2 \pi \cdot f_{(1)}) = 0,05 / (2 \pi \cdot 1,444) = 0,005 \text{ 51.}$$

Dynamický výpočet lávky pro odlišný útlum uvnitř konstrukce tlumiče a odlišný útlum lávky jako celku výpočetní program neumožňuje. Díky vlastnostem osazeného tlumiče jsou útlumové vlastnosti celé konstrukce (lávky s tlumičem) výrazně vyšší, než udává velikost poměrného útlumu D pro lokální část soustavy (pružinové závěsy tlumiče).

Výpočet odezvy lávky bez tlumiče pro zatížení osamělou silou a spojitým zatížením ve frekvenci nejnižšího vlastního tvaru kmitání je uveden na obr. 6. Časový průběh je na obr. 6a rozdělen na počáteční stav působení zatížení a ustálené vynucené kmitání při tomto způsobu zatížení. Při výpočtu lávky bez dynamického tlumiče byl použit odhadnutý celkový útlum lávky $D = 0,06$ (považovaný za maximálně možný pro ocelové lávky bez tlumiče a doporučený normami [3], [4]). Kmitání lávky bez tlumiče je podstatně vyšší než kmitání s tlumičem.

Výpočet vynuceného kmitání lávky s tlumičem byl proveden pro tři typy dynamického zatížení ve svislém směru:

- skupina chodců (součinitel zatížení $\gamma_f = 1,0$), obr. 7, amplituda osamělé síly $Q = 0,777$ kN, frekvence osamělé síly se sinusovým průběhem $f_{(1)} = 1,444$ Hz;
- spojitý proud chodců (součinitel zatížení $\gamma_f = 1,0$), obr. 8, amplituda spojitého zatížení $q = 0,1084$ kN/m, frekvence spojitého zatížení se sinusovým průběhem $f_{(1)} = 1,444$ Hz;
- spojitý proud chodců (součinitel zatížení $\gamma_f = 1,0$), obr. 9, amplituda spojitého zatížení $q = 0,0378$ kN/m, frekvence spojitého zatížení se sinusovým průběhem $f_{(2)} = 3,127$ Hz.

Porovnání výsledků výpočtu ustáleného kmitání pro jednotlivá dynamická zatížení včetně porovnání s doporučenými mezemi [3], [4] je uvedeno v tab. 2.

• Hodnocení vynuceného kmitání

Přípustná amplitudová úroveň kmitání se posuzuje podle zrychlení kmitání. Podle EN 1990 [3] a prEN 1991-2 [4] se připouští maximální doporučené zrychlení a_{lim} [m/s²] na lávce

$$a_{lim} = 0,5 \cdot f_v^{1/2}.$$

Pro přepočet zrychlení a na amplitudy ustáleného kmitání (výchylky) y platí

$$y_{lim} = a_{lim} / (2 \pi \cdot f_v)^2,$$

kde f_v je posuzovaná frekvence kmitání – v našem případě vertikálního kmitání $f_v = f_{(1)}$ alternativně $f_{(2)}$.

Přípustný limit v amplitudách kmitání (ve výchylkách y_{lim}) je uveden v tab. 2. Je zřejmé, že pro posouzení dynamických účinků na posuzovanou lávku je dominantní účinek spojitého proudu chodců. Poměr amplitud kmitání spojitého proudu chodců versus skupiny chodců u lávky s tlumičem je až pětinašobný. Aplikujeme-li tento poměr na lávku bez tlumiče, pak je zřejmé, že spojitý proud chodců by lávku bez tlumiče rozkmital v amplitudách okolo 40 mm, což značně překračuje přípustnou mez.

Variantní výpočty pro různé ztužení a dílčí úpravy lávky (změna profilů plechů, doplnění výztuh, zvýšení průřezu komůrky apod.) s cílem vyhnout se použití dynamického tlumiče se prováděly v počátečních etapách analýzy konstrukce lávky. Žádná úprava však nevedla k omezení vynuceného kmitání a konstrukce lávky bez tlumiče by tedy nevyhověla – nesplnila požadavky druhého mezního stavu použitelnosti lávky. Naopak, při použití dynamického tlumiče v navrženém místě a s navrženými parametry jsou amplitudy vynuceného kmitání mostu výrazně nižší než normami [3], [4] doporučené kmitání.

Závěr

Dominantním dynamickým zatížením lehkých ocelových lávek určitých konstrukčních soustav je zpravidla zatížení chodci. Účinky mohou odpovídat pohybu po lávce, ať již jednotlivců, nebo větších skupin, a nebo také vandalskému rozkmitávání. Jestliže je nosná konstrukce navržena tak, že může dojít k jejímu většímu rozkmitání, je nutno pro zvýšení tlumení konstrukce vedoucímu k dostatečnému omezení kmitání od účinků chodců umístit v konstrukci lávky (komůrkový průřez to umožňuje) dynamický tlumič (pohlcovač) kmitání, který je spolehlivou ochranou proti jejímu nadměrnému rozkmitání. Čím více se lávka rozkmitává, tím větší síly v protifázi proti tomuto pohybu tlumič vyvozuje, takže se lávku nedaří do vysokých amplitud kmitání vůbec vybudit. Obecně se lávky konstrukčně navrhují tak, aby kmitaly v nebezpečném – nepřijatelném frekvenčním pásmu pouze v malých amplitudách. V případech, kdy nelze navrhnout lávku jinak, jsou tlumiče jediným řešením.

Tab. 2. Porovnání amplitud [mm] ustáleného kmitání lávky v nejlze kmitajícím bodu mostního nosníku (v místě osazení dynamického tlumiče)

Zatěžovací stav	Frekvence $f_{(i)}$ [Hz]	Amplituda ustáleného kmitání y		Doporučená mezní úroveň výchylky
		s tlumičem	bez tlumiče	
skupina chodců	1,444	0,7	8,0	7,3
spojitý proud chodců	1,444	3,8	29,2	7,3
	3,127	0,9	–	2,3

Příkladem návrhu dynamického tlumiče pro lávku překračující dálnici je věnován tento příspěvek. Pro reálnou stavební konstrukci jsou vypočteny amplitudy vynuceného kmitání od účinků chodců a vzájemně porovnány pro konstrukci s dynamickým tlumičem a bez tlumiče. Z výsledků výpočtu pak vyplývá výhodnost tohoto řešení.

Práce na této problematice byla součástí zakázky pro firmu PONTEX, s. r. o., a dále byla podporována projektem č. 103/03/0082 GA ČR „Nelineární odezva konstrukcí při mimořádných zatíženích a zatíženích způsobených pohybem člověka“ a výzkumným záměrem č. J04/98/210000029 MŠMT „Rizikové inženýrství a spolehlivost technických systémů“.

Literatura

- [1] Korbelař, J. – Schindler, J.: Studie řešení lávky pro pěší. [Studie č. 02 121 00], PONTEX, s. r. o., Praha, 2002.
- [2] Makovička, D. – Studničková, M. – Makovička, D. jr.: Statický výpočet ocelové nosné konstrukce zavěšené lávky včetně dynamického výpočtu kmitání lávky. [Zpráva č. 02 1513], ČVUT – KÚ Praha, 2002.
- [3] EN 1990 – EUROCODE: Basis of Structural Design, prANNEX A2: Application for Bridges (Normative). Final PT Draft, For Consideration for Stage 34, CEN, 2001.
- [4] Draft prEN 1991-2 – General actions – Traffic Loads on Bridges, Annex X (informative) Dynamic Models of Pedestrian Loads, Stage 34, CEN, 2001.
- [5] Schwingungstilger für weitgespannte Bauwerke. [Firemní materiál], Gerb Berlin, 1992.
- [6] Bachmann, H.: Tuned Vibration Absorbers for „Lively“ Structures. Structural Engineering International, 1995/1, pp. 31–36.
- [7] Koloušek, V. a kol.: Stavební konstrukce namáhané dynamickými účinkami. Bratislava, SVTL 1967.
- [8] Makovička, D. – Korenev, B. G. – Rojtštein, M. M.: Vibrozaščita bašennych sooruzenij s pomoščju dinamičeskich gasitelej. Stavebnický časopis, 1989, č. 9.
- [9] Studničková, M.: Dynamická zatížení lávek pro chodce a hodnocení jejich účinků. Stavební obzor, 8, 1999, č. 10, s. 292–298.

Makovička, D. – Studničková, M. – Makovička, D. – Korbelař, J.: Dynamic Absorber on a Footbridge

The dominant dynamic loading of light suspension footbridge structures is represented by movement of a group of pedestrians and/or individuals. Due to the low absorption capabilities of the structure resulting from its structural design, excessive vibrations often need to be cushioned by a suitable absorber. The use of the dynamic vibration absorber is an appropriate solution to the problem.

Makovička, D. – Studničková, M. – Makovička, D. – Korbelař, J.: Dynamischer Schwingungstilger an einer Fußgängerbrücke

Für leichte Hängekonstruktionen von nicht befahrenen Brücken bildet die dominante Belastung die Bewegung einer Gruppe von Fußgängern oder von Einzelpersonen. In Anbetracht der geringen Dämpfung der Konstruktion, die aus ihrer konstruktiven Lösung erwächst, ist es oft notwendig, übermäßige Vibrationen durch einen geeigneten Tilger zu dämpfen. Eine solche Lösung ist der Einsatz eines dynamischen Schwingungstilgers (bisweilen als Absorber oder in älterer Literatur als Resonanzdämpfer bezeichnet).

• seminář



České vysoké učení technické v Praze

Fakulta stavební

si vás dovoluje pozvat na celodenní odborný seminář

Dřevěné konstrukce

24. června 2003

Fakulta stavební ČVUT v Praze,
Thákurova 7, Praha 6

Témata:

- současný stav v oboru dřevěných konstrukcí
- navrhování dřevěných konstrukcí podle evropských norem
- návrhové pomůcky k Eurokódu 5
- rekonstrukce a poruchy dřevěných konstrukcí
- kompozitní dřevobetonové stropní konstrukce
- styčníky dřevěných konstrukcí
- tenkostěnné ocelové spojky pro dřevěné konstrukce
- prostorová tuhost budov na bázi dřeva
- nové konstrukční systémy budov ze dřeva
- dřevěné konstrukce z kulatiny
- ochrana dřeva
- software pro navrhování dřevěných konstrukcí
- software pro modelování a výkresovou dokumentaci dřevěných konstrukcí

Garantem je doc. Ing. Petr Kuklík, CSc.

Seminář je zařazen do systému celoživotního vzdělávání ČKAIT a jeho absolvování je oceněno 3 body.

Účastníci obdrží sborník. V ceně semináře 1 600 Kč je zahrnuto občerstvení a oběd.

Informace a přihlášky:

ČVUT v Praze, Fakulta stavební, Z. Kalinová,
Thákurova 7, 166 29 Praha 6,

Program CESAR-LCPC pro numerické modelování mechanických a termodynamických jevů

prof. František VODÁK, DrSc.
Ing. Petr SEMERÁK, PhD.
RNDr. Vítězslav VYDRA, CSc.
ČVUT – Fakulta stavební
Praha

Článek popisuje základní funkce, možnosti a hlavní přednosti softwarového balíku CESAR-LCPC. Program je určen pro numerické modelování mechanických a termodynamických stavů a procesů ve stavebních konstrukcích a horninách.

Úvod

Stavební inženýři používají komerční programy, které pro numerické řešení stavu a chování konstrukcí využívají metodu konečných prvků (MKP). Program CESAR-LCPC je jedním z nich, vyniká však některými charakteristikami. Jde zejména o mimořádný rozsah problémů, které je schopen řešit, což jej předurčuje pro výzkumnou, vědeckou a pedagogickou práci. V rámci programu IAEA „Technical Co-Operation“ jej získala Katedra fyziky Fakulty stavební ČVUT současně s výpočetní stanicí.

Princip metody konečných prvků

Metoda konečných prvků jako moderní metoda numerického řešení fyzikálních problémů se na veřejnosti poprvé objevila ve druhé polovině padesátých let v USA, a poté se rychle rozšířila do téměř celého technicky vyspělého světa. Její výhody se projevují při řešení staticky zatížených složitějších konstrukcí, při dynamické analýze konstrukcí, popř. při řešení úloh geometricky či fyzikálně nelineárních.

Základní myšlenka MKP spočívá v tom, že výpočetní model konstrukce je vytvořen rozložením na takové části, jejichž analýza je poměrně snadná a pro všechny části, nebo aspoň soubor částí, stejná. Určí se podmínky, které zajistí potřebné spolupůsobení (rovnováhu a kompatibilitu) těchto konečných prvků konstrukce, aby opět tvořily souvislý celek. Z nich lze vypočítat neznámé deformační nebo silové faktory na hranicích jednotlivých prvků, případně i uvnitř prvku.

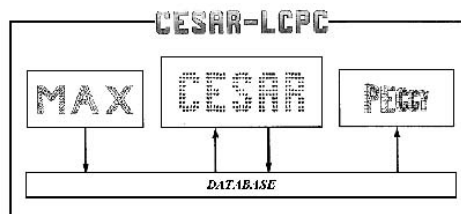
Konečnými prvky u prutových konstrukcí jsou pruty spojené ve styčnicích. Z geometrie prutů vyplývá, že mohou spojit pouze dva styčníky. Konečnými prvky dvojrozměrných a trojrozměrných konstrukcí jsou malé, ale konečné útvary stejných rozměrů, jako je celá konstrukční část. Proti prutovým systémům je však podstatný rozdíl v tom, že vícerozměrné prvky navzájem souvisejí liniově nebo plošně, takže skutečný počet styčných bodů není konečný. Tuto skutečnost MKP obchází tím, že pro popisovaný prvek volí jisté rozložení řídicích funkcí. Volelou aproximací nelze zpravidla současně splnit podmínky rovnováhy a kompatibility na celé konstrukci, ale většinou jen jednu z nich. Potom budou splněny podmínky:

- spojitosti po celé konstrukci a podmínky rovnováhy v konečném počtu uzlů, tj. kompatibilní model;
- rovnováhy po celé konstrukci a podmínky spojitosti pouze v uzlech, tj. rovnovážný model.

Teoretický rozbor ukázal, že MKP vychází z variačních principů a že je moderní variantou klasické Ritzovy metody. Většina algoritmů MKP používá kompatibilní model a řeší jej deformační metodou. Ve prospěch tohoto postupu svědčí jednoduchý algoritmus výpočtu.

Koncepce programu

CESAR-LCPC je univerzální softwarový balík, určený především pro výpočty ve stavebnictví (strukturní analýza, hydrogeologii, teplotní analýza, mechanika zemin a hornin), schopný řešit mnoho problémů i v průmyslu a v oblasti životního prostředí.

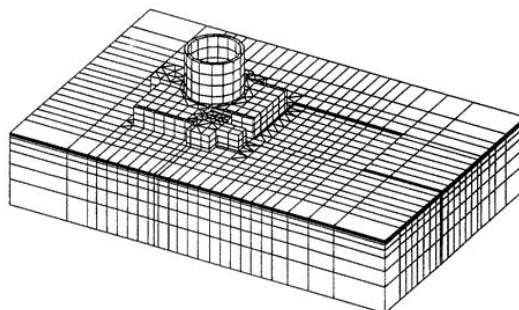


Obr. 1. Struktura softwarového balíku CESAR-LCPC

Od roku 1980 je vytvářen ve francouzském státním institutu pro výzkum silnic a mostů Laboratoire Central des Ponts et Chaussées (LCPC) se sídlem v Paříži. Je napsán v jazyku Fortran 77 a v programovacím jazyku C. Výzkumné práce LCPC jsou úzce propojeny s prací na programu, což znamená, že použité výpočetní algoritmy a konstitutivní rovnice, popisující chování materiálu konstrukce, jsou prověřeny mnoha měřeními. Výpočty jsou proto velmi spolehlivé. Koncepce umožňuje jeho neustálé revidování a doplňování nových poznatků získaných LCPC a jejich výzkumnými partnery.

Program je použitelný k vytváření výkladových modelů vhodných ke studiu a lepšímu pochopení komplexních jevů i k vytváření modelů během návrhu konstrukcí. Modely se opírají o vědeckou analýzu jednotlivých jevů a jejich fyzikálně matematický popis. Příslušné rovnice se řeší numeric-ky metodou konečných prvků.

Programy, které jsou součástí softwarového balíku CESAR-LCPC, jsou uspořádány do třech bloků. Toto uspo-

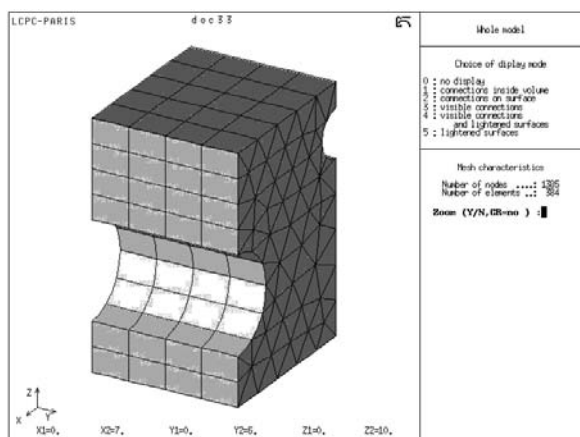


Obr. 2. Příklad trojrozměrné sítě konstrukce jaderné elektrárny

řádání usnadňuje aktualizaci programu, jehož vývoj neustále pokračuje. Bloky MAX, CESAR a PEGGY jsou navzájem propojeny společnou databází (obr. 1).

MAX – přípravný blok

Program MAX umožňuje vytvoření sítě konečných prvků a souboru vstupních dat. Síť konečných prvků je dvojrozměrná (2D), trojrozměrná (3D) se vytváří translací nebo rotací dvojrozměrných prvků (obr. 2, obr. 3). Vstupní data zahrnují mechanické vlastnosti materiálu, okrajové podmínky a zatížení. Součástí bloku je knihovna mnoha různých typů konečných prvků (více než 20), což umožňuje přizpůsobit síť řešenému problému. Vazba mezi prvky může být pevná, s Coulombovským třením nebo kluzná. Mohou být zvoleny různé typy silového zatížení, a to objemové, povrchové (hydrostatický tlak, homogenní a nehomogenní smykové síly atd.) a bodové.



Obr. 3. Příklad trojrozměrné sítě konečných prvků vytvořené blokem MAX

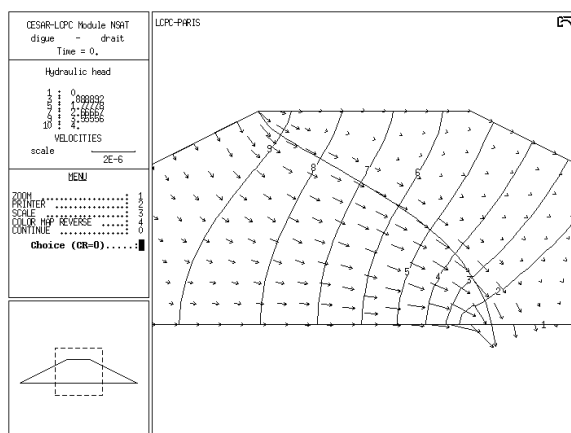
CESAR – výpočetní blok

Numerický výpočet metodou konečných prvků provádí blok CESAR s rozsáhlou knihovnou konstitučních zákonů popisujících chování studovaného materiálu. K dispozici jsou zákony popisující elastické, elastoplastické, termoelastoplastické a termoporoplastické chování, chování betonu během prvních stadií tuhnutí atd. Program je členěn do výpočetních modulů. V současnosti jich je ve standardní verzi 15 pro řešení statických a dynamických problémů, 7 pro difúzní problémy a 3 pro smíšené mechanicko-termodynamické problémy. Na rozdíl od jiných programů umožňuje současně řešit mechanický stav konstrukce, rozložení teplot (teplotní pole) a difúzi. Běžné programy obvykle počítají nejprve teplotní pole, poté difúzi, a nakonec určí mechanický stav konstrukce. Takový postup však vede k méně přesným výsledkům.

Blok je neustále doplňován novými výpočetními moduly, v poslední době např. moduly popisujícími šíření trhlin (lomová mechanika, pravděpodobnostní analýza šíření trhlin v betonu), moduly pro výpočet vrstvených skořepinových prvků, nosníků z drátkobetonu a mnohé další.

PEGGY – interpretační blok

Peggy je interaktivní grafický program, který vytváří grafy a nákresy umožňující rychlou analýzu a interpretaci výsledků (obr. 4). Umožňuje vytisknout data různým způsobem.



Obr. 4. Příklad zobrazení izochar a gradientů v bloku PEGGY

Příklady použití

CESAR-LCPC používají firmy na celém světě. Byl použit například při projektování athénské metra, tunelu pod kanálem La Manche, mostu v Le Havre.

● Jako ideální nástroj pro studium podzemních konstrukcí umožňuje:

- použití mnoha konstitučních rovnic popisujících chování zemín (Mohrovo-Coulombovu, Trescovu, Druckerovu-Pragerovu, Vermeerovu, Novaovu, Cam Clayovu, Prevostovu a Hoegovu, Melanieovu a Hoeckovu-Brownovu);
- automatické generování etap výstavby;
- výpočet napětí odvozeného od předchozí etapy výstavby nebo od geostatického napětí;
- přímý výpočet ekvivalentních sil působících ve výkopu pouhým výběrem hranic výkopu.

● Řeší hydrogeologické a environmentální problémy, zejména difúzi v ustáleném i neustáleném stavu. Porézní látky mohou být modelovány jako nasycené nebo nenasyčené. Analýza může zahrnovat vzájemné působení tepelných, difúzních a mechanických procesů. Pro všechny difúzní jevy program vytváří zobrazení trvale (plasticky) přetvořených oblastí a mapy napěťových čar, teploty a tlaku v pórech, tj. všechny informace potřebné ke stanovení parametrů bezpečnosti konstrukce.

● Při modelování konstrukcí umožňuje:

- projektování smíšených ocelobetonových konstrukcí,
- modelování konstrukcí sestavených z nosníků, desek, skořepin a hmot,
- analýzu kritérií selhání (von Mises, parabolické),
- modelování dynamického chování (seizmického, harmonického),
- zobrazení napětí v tahu v betonu,
- analýzu tepelných jevů při tvrdnutí betonu.

Závěr

Program CESAR-LCPC se osvědčil pro svou univerzálnost a možnost řešení komplexních mechanicko-termodynamických problémů. Umožňuje, na rozdíl od jiných programů, současně řešit mechanický stav konstrukce, rozložení teplot (teplotní pole) a difúzi. Program je použitelný k vytváření výkladových modelů vhodných ke studiu, lepšímu pochopení komplexních jevů a k vytváření modelů během návrhu konstrukcí.

Software CESAR-LCPC, výpočetní stanice a školení bylo hrazeno Mezinárodní agenturou pro atomovou energii (kontrakt CZR/9/11). Aplikace programu byly sponzorovány MŠMT ČR (kontrakty ME 378 a 304-098:210000004)

Vodák, F. – Semerák, P. – Vydra, V.: CESAR-LCPC Program for Numerical Modelling of Mechanical and Thermodynamic Phenomena

This paper describes the basic functions, options and major benefits of the CESAR-LCPC software package. The program is used for numerical modelling of mechanical and thermodynamic states and processes in building structures and rocks.

Literatura

- [1] <http://www.lcpc.fr/LCPC/Service/CESAR/html/accueilCESARgb.htm>
- [2] CESAR-LCPC User's Manual Version 3.3, LCPC June 2001.
- [3] Proceedings of International Workshop Physical and Material Engineering 2002, CTU Prague 2002.
- [4] Kuklík, P. – Blažek, V. – Kufner, V.: Stavební mechanika 40. ČVUT Praha, 2002.
- [5] Bittnar, Z. – Šejnoha, J.: Numerické metody mechaniky. ČVUT Praha, 1992.

Vodák, F. – Semerák, P. – Vydra, V.: Das Program CESAR-LCPC für numerische Modellierung mechanischer und thermodynamischer Erscheinungen

Der Artikel beschreibt die Grundfunktionen, Möglichkeiten und Hauptvorteile des Softwarepakets CESAR-LCPC. Das Programm ist zur numerischen Modellierung mechanischer und thermodynamischer Zustände und Prozesse in Baukonstruktionen und Gesteinen bestimmt.

• osobní zprávy



Poslední rozloučení s profesorem Šimkem



Ve čtvrtek 20. února 2003 mě v kanceláři navštívil profesor Šimek a diskutovali jsme o jeho zapojení do pedagogické, vědeckovýzkumné a organizační práce katedry geotechniky v letním semestru akademického roku 2002/2003. Sdílel jsem jeho optimizmus a byl jsem šťasten, že po několika pokusech zvítězil nad přírodou. O to větší bylo mé překvapení, když jsem se v pondělí při rehabilitačním pobytu v Motolské nemocnici dozvěděl smutnou zprávu, že 22. února zemřel.

Prof. Ing. Jiří Šimek, DrSc., se narodil 21. 5. 1930 v Říčanech u Prahy, maturoval na reálném gymnáziu a v roce 1954 absolvoval konstruktivně dopravní směr Fakulty inženýrského stavitelství ČVUT v Praze. Po odchodu do praxe působil v Hydroprojektu Praha, kde pracoval na detailech projektu přehrady Lipno, poté přešel do mostního oddělení Ústavu stavebních hmot a konstrukcí a praxi ukončil v Ústavu pro projektování papírenského průmyslu. Šestiletá činnost v těchto ústavech určila jeho celoživotní odborný směr, kterým bylo nejprve statické řešení základových konstrukcí mostů, a později všech konstrukcí.

V roce 1960 začal působit jako pedagog na bývalé Vysoké škole dopravní v Praze na katedře mostů a tunelů. Po jejím přeložení do Žiliny přešel na Fakultu stavební ČVUT v Praze k prof. Myslivcovi, kde se v roce 1966 habilitoval pro obor mechanika zemin a zakládání staveb. V roce 1973 byl jmenován profesorem a v roce 1977 získal hodnost doktora technických věd. Od roku 1973 až do roku 1991 byl vedoucím katedry geotechniky, v letech 1976 až 1979 proděkanem oboru konstrukce a dopravní stavby, a poté působil do roku 1985 jako proděkan FSv pro vědu a výzkum.

Profesor Šimek patřil k nejvýznamnějším osobnostem Fakulty stavební a ČVUT za posledních čtyřicet let. Pedagogická a publikační činnost byla pro něj životní potřebou. Přes dvacet let přednášel předměty Mechanika zemin, Zakládání staveb, Statika základových konstrukcí, byl autorem mnoha učebních textů a čtyř knih věnovaných problematice těchto geotechnických specializací. Mnoho aktivních odborníků z praxe se cítí být jeho žáky; pod jeho vedením získalo více než dvacet stavebních odborníků hodnosti CSc. a PhD. Jako hostující profesor přednášel i na řadě cizích univerzit. Přínos jeho osobnosti bude jistě připomenut i na stavebních fakultách v Brně, Bratislavě a Žilině.

Ve vědeckovýzkumné činnosti se zaměřil především na problémy interakce základových konstrukcí s podložím; k nejvýznamnějším patří jeho přínos k navrhování pilotových základů. Této oblasti se týkala i jeho významná normotvorná činnost, která byla završena účastí na sestavení předpisu Eurocode 7.

Profesor Šimek se zúčastnil řešení mnoha geotechnických problémů. K nejvýznamnějším patří jeho spolupráce při návrzích zakládání všech našich atomových elektráren, aktivně se podílel i na projektování vodního díla Gabčíkovo. Hluboké znalosti z teoretické mechaniky přispěly k potřebnému rozšíření vědecké báze geotechnických disciplin a jejich praktické aplikace. Zanechal po sobě rozsáhlé a hodnotné dílo, které obohatilo teoretickou i praktickou geotechniku a zůstává živé v jeho žácích a spolupracovnících.

V profesoru Šimkovi odešel člověk technicky i humanitně vysoce vzdělaný, za všech okolností čestný a spravedlivý, skromný a pro mnoho lidí neokázalý přítel. Poslední rozloučení se zesnulým se konalo v rodinném kruhu.

Čest jeho památce!

*doc. Ing. Ladislav Lamboj, CSc.
vedoucí katedry geotechniky*

• recenze

Kurrer, K.-E.

Geschichte der Baustatik (Dějiny stavební statiky)

Ernst & Sohn, A Wiley Company, Berlín, 2002, 539 s., 403 obr., 89 EUR

Šéfredaktor známého časopisu Stahlbau, Dr.-Ing. Karl-Eugen Kurrer, se dlouhodobě zajímá o dějiny stavební mechaniky. Po intenzivních studiích vydal o tomto oboru obsáhlé dílo, ve kterém do podrobností popisuje historii bádání ve stavební mechanice na pozadí technicko-filozofických úvah zasazených do všeobecné historie posledních několika století.

Kniha je rozdělena do deseti kapitol. V první si autor klade vysoké cíle historického bádání, zatímco ve druhé rozděluje posledních několik století na období, která jsou významná pro stavební mechaniku (1575–1825, 1825–1900, 1900–1950, 1950 až současnost). Ve třetí kapitole je statika a technická mechanika pojímána jako základní technická disciplína. Moderní stavební mechaniku formulovali vědci v Itálii (Galilei), Velké Británii (Hook, Young), Francii (Saint-Venant, Navier), Německu (Müller-Breslau, Winkler), Švýcarsku (Euler), Rusku (Galerkin, Krylov), ale Dr. Kurrer vysoce oceňuje i přínos profesora Karlovy univerzity rytíře Františka Josefa Gerstnera (1756–1832), ředitele pražské polytechniky. Čtvrtá kapitola je nazvána „Od kleneb k oblouku“, ale obsahuje stati i o teorii lan a řetězců a o dalších typech konstrukcí, které se používaly při stavbě prvních větších mostů.

Na počátku stavební mechaniky byly poznatky renesančních umělců–vědců o pevnosti a pružnosti stavebních materiálů. Z toho se pak vyvinula teorie pružnosti a pevnosti, která dala základ stavební mechanice. O tom pojednává pátá kapitola. Teprve poté se formovala stavební mechanika v dnešním smyslu (kap. 6). V počáteční době se pěstovala hlavně grafická statika a používala se při návrhu mostů, příhradových konstrukcí apod.

Velký vliv na vývoj stavební mechaniky měl rozvoj ocelových konstrukcí v devatenáctém století. To přineslo příčinkové čáry, teorii kroucení a další poznatky (kap. 7). Rovněž železobetonové konstrukce si vyžádaly nové metody pro výpočet rámu, skořepin a dalších typů konstrukcí (kap. 8). Vývoj přinesl i potřebu vydávání prvních

odborných časopisů, např. v Německu Stahlbau, Beton und Eisen, Bautechnik apod.

Devátá kapitola popisuje vývoj od klasické k moderní stavební mechanice, kdy se její metody v posledních letech formalizují a automatizují, hlavně díky maticovému počtu a počítačům. Konečně v desáté kapitole se autor zamýšlí nad perspektivami mechaniky a jejím vztahem k estetice.

Velmi cenné jsou krátké životopisy a fotografie 114 badatelů z 18 států celého světa. Převahu samozřejmě mají němečtí vědci, ale z Čechů jsou zde uvedeni Bažant, Dašek, Faltus, Koloušek a Šolín. Dr. Kurrer se nejdříve obrátil na autora této recenze s prosbou o napsání životopisů dvou českých mechaniků (Faltus a Koloušek), ale nechal se přesvědčit, že i další tři mají pro vznik a rozvoj stavební mechaniky v České republice význam. Vlivem mnoha politických a zeměpisných změn v Evropě v uplynulých několika stoletích bylo diskutabilní určit místo narození a úmrtí jednotlivých badatelů. Nakonec jsme se s autorem dohodli na zásadě, že platí místo a stát v době narození, popř. úmrtí, např. před rokem 1918: Brno, Mähren/Österreich-Ungarn (heute Tschechische Republik).

Dílo o dějinách stavební statiky (jak název doslova zní v němčině) pokrývá nejen statiku, ale i celou stavební mechaniku, technickou mechaniku, teorii pružnosti a obecnou mechaniku. Kniha je velmi podrobná s četnými rovnicemi, početnými příklady a schematickými i historickými obrázky. Není psána v přísném časovém sledu, autor popisuje jednotlivé teorie a metody, takže se vrací k některým autorům, obdobím a teoriím i několikrát.

Toto obsáhlé dílo s četnými historickými údaji, s citacemi z mnoha knih a článků, podrobným seznamem literatury, autorským a věcným rejstříkem lze doporučit pro důkladné studium historie stavební mechaniky a její souvislosti s kulturními, filozofickými a politickými dějinami Evropy i celého světa.

prof. Ing. Ladislav Frýba, DrSc.

• zprávy

Technopark ve Stodůlkách

Technopark je v pořadí druhým investičním projektem společnosti HOCHTIEF Development v České republice. Vyrůstá v zavedené administrativní lokalitě v Pekařské ulici v Praze–Stodůlkách a po svém dokončení v létě 2003 nabídne k pronájmu cca 7 800 m² kancelářských ploch. Konečným investorem je společnost Europolis CE Beta Holding GmbH. Architektury projektu jsou Pata & Frydecký Architekti, generálním dodavatelem HOCHTIEF VSB.

Objekt vyrůstá na rozhraní Stodůlek a Jinonic v zástavbě nových administrativních budov. V pěti nadzemních podlažích dvou propojených objektů ve tvaru písmene L jsou umístěny kancelářské prostory. Plocha jednoho podlaží je

cca 1 550 m². V přízemí je recepcie a kantýna s kapacitou 80 míst, dvě podzemní podlaží jsou vyhrazena pro 110 parkovacích stání, archivním a skladovacím plochám v rozloze zhruba 800 m². Vertikální komunikační a instalační jádra umožňují rozdělit jednotlivá podlaží až na šest nájemních úseků, přičemž nejmenší jednotka má velikost cca 220 m². Zároveň je možné vytvořit až tři samostatné vstupy do objektu s vlastní recepcí. Jeho předností je dostupnost autem i městskou hromadnou dopravou, přímý přístup na dálnici D5 a napojení na letiště Ruzyně a dálniční okruh Prahy.

Tisková informace

• zprávy

Palác Flora zahájil provoz

Počátkem loňského roku jsme čtenáře informovali o zahájení výstavby moderního multifunkčního centra s kancelářskými prostory, obchody a zábavně relaxačními provozmi. V březnu letošního roku otevřel investor zařízení pro ověřovací provoz.



Charakteristickým prvkem budovy je zaoblené průčelí orientované do křižovatky Flora a štíhlé sloupy, které ze strany Vinohradské třídy vytvářejí zastřešené vchody do 120 m dlouhé obchodní pasáže s impozantním atriem a do vestibulu metra. Pasáž tvoří hlavní komunikační tepnu mezi zábavní a relaxační zónou. Polokruhová prosklená dvorana u-

možňuje, aby zde bylo dostatečné přírodní osvětlení. Díky umístění objektu ve svahu mají všechna podlaží obchodně zábavní části samostatné vchody z ulice. Ve čtyřech podzemních patrech může zaparkovat až 800 vozů. Kromě obchodů s módním a spotřebním zbožím světových značek by zde zákazníci měli nalézt i zboží cenově dostupné. Mohou využít i služeb pošty, banky, lékárny, čistírny, drogerie a nakoupit v supermarketu. V posledním patře paláce je umístěno osm kinosálů a světový unikát, multikino s trojrozměrnou projekcí IMAX, jehož hlediště má 400 míst uspořádaných v řadách pod prudkým úhlem 23°, a to včetně speciálních míst pro tělesně postižené. Promítací plátno o rozměrech 20 x 25 m společně se speciálními brýlemi poskytne divákovi neskutečně reálný zážitek. Prostřednictvím této technologie si může téměř „sáhnout“ na faunu v mořské hlubině a být účastníkem paleontologického vývoje planety. V průběhu doby zde budou k vidění i filmy z běžné filmové produkce „přepsané“ další novou tech-

nologií DMR na formát IMAX, např. Apollo 13. Speciální brýle umožňující virtuální realitu se podle informací pořadatelů po každém představení čistí tlakem ve speciální myčce silným alkalickým prostředkem.

Kancelářskou část paláce tvoří tři připojené budovy s možností variabilního uspořádání buď vertikálně na jednotlivé budovy, nebo horizontálně, s největším možným využitím prostoru v každém poschodí.

Generálním dodavatelem stavby je divize 9 Metrostavu, dodavatelem železobetonových konstrukcí divize 6 této společnosti.

Tisková informace



• dizertace



Vybrané problémy aplikace GPS v geodetických základech a geodynamice

Ing. Jakub Kostecký

Dizertace se zabývá třemi oblastmi problémů souvisejících s využitím metody GPS pro vysoce přesná měření. V první oblasti jsou problémy související s budováním a provozem permanentních stanic. Druhou je analýza časových řad souřadnic těchto stanic a poslední oblastí je určování polohy fázových center antén GPS, které ovlivňuje přesnost výsledků měření s GPS.

Vývoj semi-scale metody pro stanovení teplotně vlhkostních poměrů vícevrstevných systémů stavebních materiálů

Ing. Zbyšek Pavlík

Práce se zabývá návrhem měřicího a simulačního systému pro predikci teplotních a vlhkostních poměrů v konstrukcích využívajících nové materiály, popř. i ve vícevrstevné kombinaci, v podmínkách diferenčního klimatu blízkého reálným podmínkám. Přínosem práce je mj. sofistikovaná simulace polních podmínek v laboratoři.

STAVEBNÍ OBZOR

ROČNÍK 12 ČÍSLO 6/2003

Navigace v dokumentu

OBSAH

Witzany, J. – Čejka, T. – Zemánek, J. Chemická a biochemická degradace Karlova mostu, analýza odolnosti a bezpečnosti kamenné mostní konstrukce při povodni, průzkum základového zdiva a základů mostních pilířů	161
Paříková, P. – Koláčková, J. Laboratorní dešťový simulátor pro stanovování erodovatelnosti půdy	181
Hánek, P. Geodetické vytyčení přípravků k výrobě ocelových segmentových střešních nosníků	186

6 • 2003

ročník 12

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. –
Čejka, T. –
Zemánek, J.

**Chemická
a biochemická
degradace
Karlova mostu,
analýza odolnosti
a bezpečnosti
kamenné mostní
konstrukce při povodni,
průzkum základového
zdíva a základů
mostních pilířů 161**

CONTENTS

Witzany, J. –
Čejka, T. –
Zemánek, J.

**Chemical and
Biochemical
Degradation
of Charles Bridge,
Analysis of Resistance
and Safety
of the Stone Bridge
Structure in Floods,
Exploration
of Footing Masonry
and Pier Footings 161**

INHALT

Witzany, J. –
Čejka, T. –
Zemánek, J.

**Die chemische und
biochemische Zersetzung
der Karlsbrücke, Analyse
der Widerstandsfähigkeit
und Sicherheit der steinernen
Brückenkonstruktion
bei Hochwasser,
Untersuchung
des Fundamentmauerwerks
und der Fundamente
der Brückenpfeiler 161**



Paříková, P. – Koláčková, J.

**Laboratorní dešťový
simulátor
pro stanovení
erodovatelnosti půdy . . . 181**

Hánek, P.

**Geodetické vytyčení
přípravků k výrobě
ocelových segmentových
střešních nosníků 186**

Paříková, P. – Koláčková, J.

**Laboratory Rain
Simulator
for the Determination
of Soil Erodability 181**

Hánek, P.

**Geodetical Alignment of Jigs
for the Production
of Segment Steel
Roof Trusses 186**

Paříková, P. – Koláčková, J.

**Labor-Regensimulator
zur Bestimmung
der Erosionsanfälligkeit
eines Bodens 181**

Hánek, P.

**Geodätische Absteckung
von Mitteln
zur Fertigung
von Dachträgern 186**

REDAKČNÍ RADA

Předseda:

prof. Ing. Jiří STUDNIČKA, DrSc.

Místopředseda:

doc. Ing. Alois MATERNA, CSc.

Tajemníci:

doc. Ing. Milan KAŠPAR, CSc.

doc. Ing. Jindřich ŠMEJČKÝ, CSc.

Členové:

Ing. Miroslav BAJER, CSc.

doc. Ing. Pavel HÁNEK, CSc.

Ing. Jiří HIRŠ, CSc.

Ing. Ivan HRDINA

doc. Ing. Vladimír JELÍNEK, CSc.

Ing. Miroslav JEŽEK, CSc.

doc. Ing. Miroslav KAUN, 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.

prof. Ing. Adolf PATERA, DrSc.

doc. Ing. Miloslav PAVLÍK, CSc.

prof. Ing. J. PROCHÁZKA, CSc.

doc. Ing. Vlastimil STARÁ, CSc.

Ing. Karel SVOBODA

doc. Ing. Jiří VÁŠKA, 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
tisku 2. 6. 2003. Nevyžádané rukopisy se nevracejí.

INDEX 47 755, ISSN 1210-4027

Chemická a biochemická degradace Karlova mostu, analýza odolnosti a bezpečnosti kamenné mostní konstrukce při povodni, průzkum základového zdiva a základů mostních pilířů

prof. Ing. Jiří WITZANY, DrSc.
doc. Ing. Richard WASSERBAUER, DrSc.
Ing. Tomáš ČEJKA, PhD.
ČVUT – Fakulta stavební, Praha
Ing. Jan. ZEMÁNEK
TSK, a. s., Praha

Chemické analýzy potvrdily stálou přítomnost vodorozpustných solí, které jsou nerovnoměrně obsaženy v kamenném zdivu a výplňových vrstvách mostní konstrukce. Vysoká salinita mostu souvisí s dřívějším ošetřením mostu halitem, následně karbamidem a s biotickou či abiotickou transformací atmosférických oxidů síry a dusíku na agresivní soli. Posypové soli a atmosférické polutanty jsou příčinou tvorby drobných dilatačních spár a mikrotrhin v pískovcovém kamení. V betonové desce dochází za přítomnosti ettringitu, thaumasitu a sádrovce ke zvětšení porozity. Výsledky chemických analýz z obou kopaných sond (2002) plně korespondují s výsledky předchozích analýz. Průzkum dna v okolí mostních pilířů po povodni v srpnu 2002 prokázal erozní účinek zvýšeného průtoku vody, charakteristický zejména šikmo odkloněnými proudnicemi od podélné osy pilířů, způsobující boční vymílání a narušování základového podloží zejména mostních pilířů č. 7 a č. 8. Numerická analýza charakteristických variant výpočtových modelů mostní konstrukce prokázala negativní rozpěrný účinek betonové desky. Charakter celkové deformace jednotlivých mostních polí od účinku zatížení svislého a zatížení teplotou má převažující tendenci deformace poprsních zdí směrem dovnitř mostu, při níž dochází k nežádoucímu rozpěrnému účinku betonové desky. Numerická analýza odezvy kamenné mostní konstrukce na účinek pootočení základu mostního pilíře prokázala vznik napjatosti způsobující rozsáhlá porušení klenbové mostní konstrukce předcházející její úplné destrukci. Dále prokázala, že betonová deska zvyšuje celkovou napjatost způsobenou pootočením v základové spáře, ve všech sledovaných složkách, a tím snižuje odolnost a bezpečnost kamenné konstrukce Karlova mostu při povodních.

1. Chemická a biochemická degradace kamenného zdiva Karlova mostu – zdroje primárního zasolení

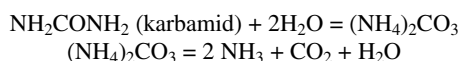
Vývoj salinity Karlova mostu je sledován od roku 1994 až do současnosti. Za tu dobu bylo provedeno více než 820

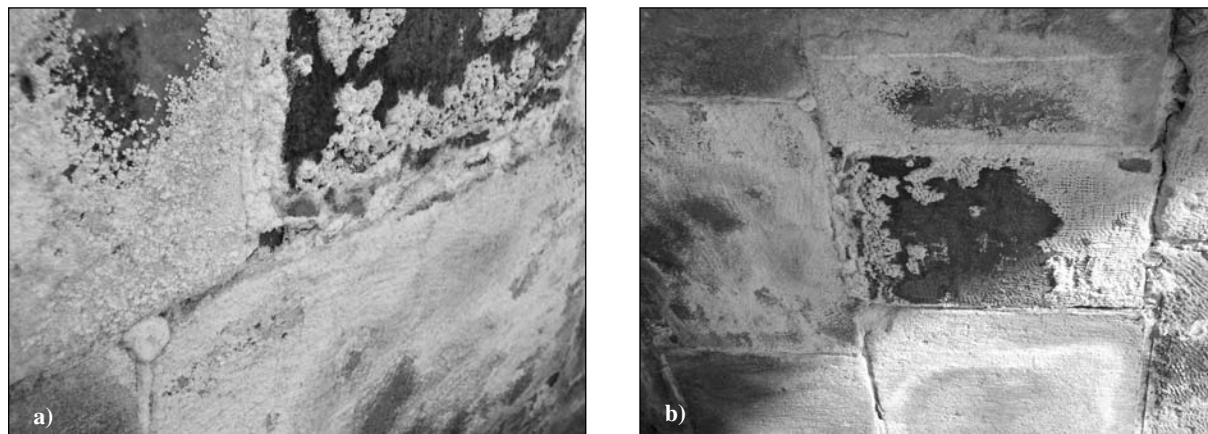
mikrobiologických a 810 chemických analýz, ve kterých bylo jednoznačně prokázáno, že vodorozpustné a hygroskopické soli jsou nehomogenně obsaženy v jednotlivých konstrukčních prvcích celé mostní konstrukce. V rámci cyklicky působících účinků okolního prostředí (kolísání vlhkosti a teploty) dochází k neustálé migraci těchto solí z vnitřku mostu (opukové rovnániny) až do okrajových zón interakce s kamenným, převážně pískovcovým kvádrovým zdivem poprsních zdí a kleneb mostu. Tím dochází k trvalému snižování kvalitativních parametrů kvádrového zdiva a kleneb mostu.

Z orientačních analýz, ve kterých byla porovnávána úroveň salinity Karlova mostu a mostů v Roudnici, Regensburgu a Písku, bylo zřejmé, že nejvyšší koncentrace vodorozpustných solí se nachází právě v tělese Karlova mostu. **Důvody tak vysoké salinity** a výskytu chloridů **souvisí s dřívější aplikací halitu**, která měla za následek celkové prosycení mostu kuchyňskou solí. V současné době je v některých částech s vysokou vlhkostí od zatékání zaznamenáván pozvolný pokles její koncentrace a její pozvolné „vymývání“ dešťovou vodou, která vniká do tělesa mostu přes nefunkční hydroizolaci. Například ve středu oblouku č. IX v přípovrchové vrstvě kamene do hloubky 2 cm klesla koncentrace halitu od roku 1994 do roku 2000 z 1,72 na 0,38 mg/g pískovce.

Silný výskyt dusičnanů souvisí mimo jiné s **ošetřováním Karlova mostu karbamidem**, který sloužil jako náhrada za kuchyňskou sůl. V souvislosti s tímto fenoménem je nutné zdůraznit, že přípovrchové vrstvy kamenů obsahují značné množství chemoorganotrofních a chemoautotrofních mikroorganismů. Závažný výskyt mikrobů je podmíněn především vysokou vlhkostí tělesa mostu (místa 16 až 32 % hmot.), způsobenou zatékáním deště porušenou hydroizolací, a také množstvím přístupných živin, které jsou vnášeny na povrch mostu deštěm a větrem. Zvýšení celkového množství mikroflóry z průměrné hodnoty cca 10^4 na 10^6 až 10^7 ve sledovaném období ovlivnilo solení mostu karbamidem, který jako základní odpadní produkt všech vyšších organismů je rychle rozkládán urobakteriemi a amonizačními bakteriemi za tvorby amoniaku, jenž je nitrifikačními bakteriemi převáděn na dusitany a dusičnany.

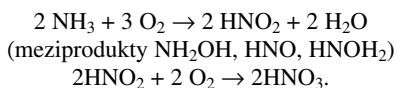
Rozklad karbamidu (diamidu kyseliny uhličitě) bakteriemi



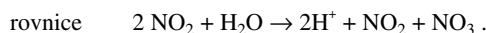


Obr. 1. Výkvěty solí (dusičnany, chloridy) na povrchu kamenných kvádrů
a – pilíře, b – oblouku

Nitrifikace

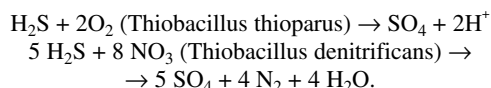


Přítomnost dusičnanů se projevuje mj. spráškováním povrchových vrstev pískovcového kamene, zvýšením nasávkavosti a poklesem ukazatele změknutí KZ_c [1]. I když se již most chemickým posypem neošetřuje, salinita mostu, mimo lokálních výkvětů daných velkou migrační vlastností dusičnanů, výrazně neklesá. Naopak, koncentrace dusičnanů v čase pozvolna stoupá, přestože porušenou hydroizolací vozovky se dostává do tělesa mostu dešťová voda, která by měla soli vzniklé z posypu karbamidem postupně vymývat, jak se místy děje u reziduí halitu. Například ve středu oblouku č. VI v přípvrchové vrstvě kamene do hloubky do 2 cm stoupla koncentrace dusičnanů v období 1994 až 2000 z 11 na 15 mg/g pískovce. Vzestup koncentrace solí dusíku pravděpodobně souvisí se stoupající koncentrací oxidů dusíku v atmosféře (automobilizmus) a s působením kyselých dešťů, které rovněž obsahují dusičnany a vsakují porušenou hydroizolací do Karlova mostu. S dešťovou vodou se při sezónních zemědělských pracích dostávají do tělesa mostu z atmosféry i rezidua průmyslových hnojiv, která rovněž obsahují dusičnany. Vzhledem k tomu, že povrch mostu obsahuje velké množství chemoorganotrofních bakterií, mohou být oxidy dusíku adsorbované na kameni mostu rovněž transformovány bakteriemi rodu *Pseudomonas* a *Alcaligenes* na dusičnany ($\text{NO}_2 + 1/2\text{O}_2 \rightarrow \text{NO}_3$). V úvahu přichází i abiotická transformace NO_2 podle

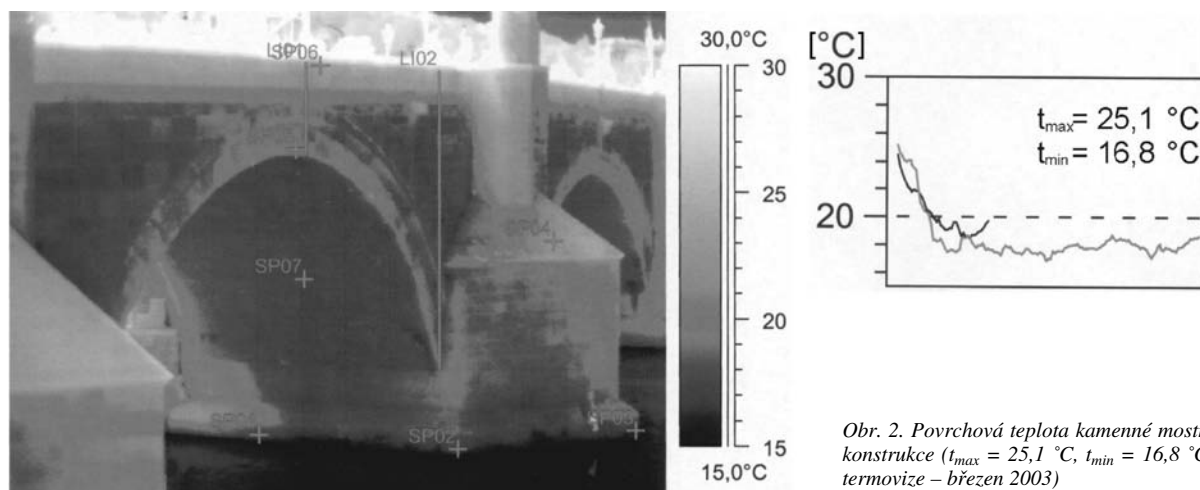


Pozvolné rozšíření síranů na povrchu pískovcových kamenů v průběhu jednoho roku je možné vysvětlit stále ještě vysokou koncentrací oxidů síry v ovzduší (spalováním zejména sirnatého uhlí), které se adsorbují na povrch pískovcového kamene a jsou převáděny abioticky či s biologickou stimulací na sírany (u oblouku č. VI v přípvrchové vrstvě kamene do hloubky 2 cm stoupla koncentrace vodorozpustných síranů v období 1999 až 2000 z 5,2 na 5,9 mg/g pískovce a u oblouku č. IX z 15,7 na 24,4 mg/g pískovce). Transformace oxidů síry souvisí činností chemoorganotrofních bakterií, které produkují do kamene organické kyseliny a aminokyseliny (mravenčí, octovou, propionovou, citronovou, oxaloctovou, aminokyseliny alanin, leucin, valin a glycin). Ty pak chelatizací uvolňují z jílových minerálů železo a mangan. Ionty obou prvků slouží jako katalyzátory při abiotické transformaci oxidů síry (oxid siřičitý přes oxid siřový) na sírany.

Další možným zdrojem síranů je transformace sloučenin síry sírnými bakteriemi na sírany (sírné bakterie byly na povrchu pískovcového kamene rovněž identifikovány)



Určitým zdrojem vzestupu síranů v tělese mostu mohou být opět rezidua průmyslových hnojiv, a zejména pak přítomnost vrstvy keramzitbetonu pod vozovkou, který je významným zdrojem vodorozpustných síranů (viz dále). Přítomnost síranů se projevuje především tvorbou mikrotrh-



Obr. 2. Povrchová teplota kamenné mostní konstrukce ($t_{\text{max}} = 25,1 \text{ } ^\circ\text{C}$, $t_{\text{min}} = 16,8 \text{ } ^\circ\text{C}$; termovize – březen 2003)

lin a odpadáním povrchových vrstev pískovcového kamene.

Sekundární minerály byly prokázány zejména v **pórovém systému betonové desky**. Zde byla prokázána karbo-natace (vznik sparitu) i síranová koroze. Póry a trhliny ve všech studovaných betonech jsou podél okrajů lemované nebo celé vyplněné jehličkovitými **krystalky ettringitu** ($\text{Ca}_6\text{Al}_2\text{O}_6(\text{SO}_4)_3 \cdot 32 \text{H}_2\text{O}$, popř. **thaumasitu** $\text{Ca}_3 \text{H}_2[\text{CO}_3/\text{SO}_4/\text{SiO}_4] \cdot 13 \text{H}_2\text{O}$ a sádrovce $\text{Ca}_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$. Vedle těchto minerálů byla prokázána analýzami RTG a EDX přítomnost dalších solí, a to **mirabilitu** ($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$) a **smíšených Na, K – kamenců, thermonatritu** ($\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$) a vysoký obsah kalcitu. V současné době se betonová deska nachází ve fázi, kdy sekundární soli migrují do podložních konstrukčních vrstev, čímž dochází ke zvětšování porozity desky. Tento proces vede v mikrostruktuře k oslabování betonu a zhoršování jeho fyzikálních vlastností. Navenek se projevuje vytvářením vodorovných diskontinuit, podle nichž dochází k segmentaci betonové desky v relativně tenkých šupinách. To má za následek ztrátu ochranné funkce betonu ve vztahu k ocelové výztuži, která podle projektu (oprava 1967–1975) má působit jako táhlo spojující poprsní zdi.

Tab. 1. Základní fyzikálně chemické parametry materiálů z vrtu č. 7 (rok 2000)

Materiál	H ₂ O [% hm.]	pH	Cl	NO ₃	SO ₄
			[mg/g]		
pokladní beton	14,8	10,0	0,50	0,23	0,23
keramzitbeton	16,7	10,0	0,04	0,19	2,32
železobeton	17,2	9,5	0,54	0,10	0,89
opuková rovnanina	13,3	8,5	0,57	3,82	0,26

Tab. 2. Základní fyzikálně chemické parametry materiálů z vrtu č. 8 (rok 2000)

Materiál	H ₂ O [% hm.]	pH	Cl	NO ₃	SO ₄
			[mg/g]		
pokladní beton	11,7	10,0	0,54	0,16	0,16
keramzitbeton	22,8	10,0	0,35	0,09	2,78
železobeton	20,8	10,0	0,20	0,04	0,23
opuková rovnanina	24,9	9,0	0,33	0,21	0,54

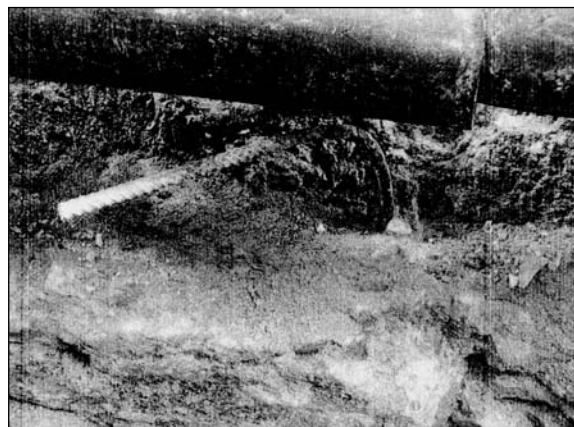
Tab. 3. Základní fyzikálně chemické parametry materiálů z vrtu č. 9 (rok 2000)

Materiál	H ₂ O [% hm.]	pH	Cl	NO ₃	SO ₄
			[mg/g]		
pokladní beton	14,6	10,0	0,31	0,04	0,04
keramzitbeton	32,2	10,0	0,57	0,10	4,37
železobeton	14,6	10,0	0,28	0,04	1,43
opuková rovnanina	19,4	8,5	0,55	0,18	0,38

Výsledky fyzikálně chemických analýz kopaných sond (2002)

Cílem bylo rozšířit, popř. porovnat výsledky fyzikálně chemických analýz stavebních materiálů získaných z vrtů do tělesa Karlova mostu realizovaných v roce 2000 [1]. Údaje z obou kopaných sond plně korespondují s výsledky dřívějších analýz. Pro porovnání jsou uvedeny nejdříve výsledky získané z vrtů č. 7, 8, 9, oblouk č. IX (tab. 1 až tab. 3) v roce 2000 a dále výsledky získané z kopaných sond (tab. 4, tab. 5). Z tabulek 1 až 3 je zřejmé, že vlhkost tělesa mostu se v roce 2000 pohybovala mezi 11,7 až 32,2 % hmot., pH dosahovalo většinou hodnoty 10, u železobetonové desky a v opukové rovnanině kleslo na 9,5 a 8,5. Obsah chloridů byl vyrovnán v rozmezí 0,31 až 0,57 mg/g staviva. Koncentrace NO₃

silně kolísala v rozmezí 0,04 až 3,82 mg/g, a to nejen v jednotlivých vrtech, ale i v jednotlivých obloucích. V tabulce 1 se objevují náznaky vymytí NO₃ do opukové rovnaniny. Koncentrace vodorozpustných síranů se pohybovala v rozmezí 0,04 až 4,37. Nejvyšší koncentrace byly nalezeny v keramzitbetonu.



Obr. 3. Detail ukotvení výztuže betonové desky v poprsní zdi, sonda K1[8]

Poznámka: Výtah ze zprávy [8] 0,60 – 0,74 železobetonová deska s nerovnostmi v povrchu o hloubce až 5 cm, v povrchu jsou zalita keramzitová zrna. V prohlubni při východní stěně (otisk boty v tuh-noucím betonu) je zadržena dešťová voda, vsáklá před hloubením sondy (velké lijáky 2 dny předtím). Beton před ztuhnutím nebyl srovnán do roviny – rýhy a prohlubně. Voda na desku prosakuje zdířem na rubu poprsní zdi (které je zvýšeně vlhké) z povrchové vrstvy mostovky (pruh starého zdiva pod kvádry, š. 10 cm, není krytý izolací). Železobetonová deska má mocnost 14–12 cm, zavázání do parapetu chybí, naopak v pruhu 30 cm od poprsní zdi se deska ztenčuje na 10–7 cm a podložní opuková rovnanina se zvedá do úrovně mříže. I tyč výztuže přivařená k podkladní traverze U (š. 12 cm, tl. 5 cm) je na úrovni paty zdi ohnuta dolů (roxor Ø 14 mm) a zalitá cementem ve vývrtnu Ø 20 mm v lícovém kvádru přechýlujícím obrys sondy.

Tab. 4. Základní fyzikálně chemické parametry materiálů z kopané sondy RS2

Vzorek *	H ₂ O [% hm.]	pH	Cl	SO ₄	NO ₃	NO ₂	NH ₄	Močovina
5	14,3	10,0	0,46	0,45	0,17	0,011	0,000	0,130
6	13,6	10,0	0,43	1,08	0,12	0,009	0,000	0,087
7	12,3	10,0	0,48	1,64	0,29	0,088	0,000	0,090
8	30,7	8,0	0,33	5,13	0,15	0,009	0,000	0,087
9	33,5	10,0	0,50	3,91	0,51	0,029	0,000	0,087
10	28,5	10,0	0,54	3,74	0,83	0,004	0,001	0,130
11	21,8	7,5	0,29	1,22	0,21	0,000	0,003	0,087
12	19,9	7,5	0,45	1,29	0,22	0,003	0,016	0,087
13	16,4	7,5	0,28	1,37	0,45	0,002	0,008	0,087
14	19,1	8,0	0,35	1,09	0,67	0,002	0,009	0,090
15	28,0	8,0	0,50	0,96	1,50	0,010	0,019	0,087
16	13,5	8,0	0,32	1,26	0,19	0,003	0,012	0,087
17	32,3	7,5	0,33	0,95	0,20	0,002	0,000	0,090
18	10,9	6,0	0,26	1,75	0,18	0,000	0,007	0,087
19	NT	7,5	0,29	1,54	0,23	0,000	0,016	0,087

Tab. 5. Základní fyzikálně chemické parametry materiálů z kopané sondy RS3*

Vzorek *	H ₂ O [% hm.]	pH	Cl	SO ₄	NO ₃	NO ₂	NH ₄	Močovina
1	4,6	9,5	0,30	4,40	0,15	0,011	0,000	0,090
2	2,9	7,5	0,32	0,77	0,22	0,003	0,054	0,090
3	10,4	7,5	0,29	1,51	0,20	0,000	0,019	0,087
4	8,0	6,5	0,31	1,35	0,13	0,002	0,008	0,087

Legenda: * maximální hodnoty (minimální u pH) tučně proloženy, ** označení vzorků: 1 – keramzitbeton 15 cm pod asfaltovou izolací, 2 – betonová deska (50 cm pod asfaltovou izolací), 3 – rovnanina (1 m pod asfaltovou izolací), 4 – rovnanina, opuka, 5 – keramzitbeton, 6 – spodní líc betonové desky, 7 – spodní líc betonové desky, 8 – žlutá anomálie, pískovec, 9 – keramzitbeton pod betonovou deskou, 10 – dtto, 11 – malta, 12 – opuková rovnanina (přímo pod betonovou deskou), 13 – opuka, 14 – malta, 15 – malta, 16 – opuka (dno sondy), 17 – malta u poprsní zdi v max. hloubce, 18 – poprsní zeď, nejhlubší bod, 19 – dtto, NT – nestanoveno



Obr. 4. Skladba mostovky, trhlina ve starém zdívu oblouku (šípky zvyrazňují průběh trhliny)

Poznámka: 0,85 – 2,20 opukové zdivo, ploché úlomky délky až 40 cm, tloušťky až 10 cm, cca do 1,5 m vlhké, hlouběji až suché, s maltou v úzkých spárách [8]

Nejvyšší vlhkost byla v kopaných sondách nalezena u keramzitbetonu (33,5 %) a v maltě u poprsní zdi v maximální hloubce sondy (32,3 %), **pH** kleslo pod 7 u vz. č. 4 (opuková rovnanina) a vz. č. 18 (rovnanina u poprsní zdi).

Koncentrace chloridů se ve všech vzorcích pohybovala okolo 0,3 až 0,5 mg/g. Podle WTA 4-5-97 jsou všechny koncentrace ve skupině 2 „Dílčí opatření jsou nutná“.

Relativně vyšší koncentrace síranů (nad 1 mg) byly nalezeny v keramzitbetonu (vz. č. 1, 5, 9, 10), v pískovci (vz. č. 8), v opukové rovnanině pod betonovou deskou (vz. č. 12), v maltě (vz. č. 11) a v opuce (vz. č. 13). Podle WTA 4-5-97 náležejí tyto koncentrace do skupiny 2 „Dílčí opatření nutná“.

Nejvyšší koncentrace dusičnanů 1,5 mg/g byla nalezena v keramzitbetonu (vz. č. 10). Podružné maximum se nacházelo u vzorku malty (vz. č. 15). Podle WTA 4-5-97 náležejí uvedené koncentrace do skupiny 2 „Dílčí opatření nutná“.

Nejvyšší koncentrace dusitanů (nad 0,1 mg/g) byla nalezena v keramzitbetonu, kde lze ještě předpokládat slabou metabolickou činnost aerobních bakterií.

Nejvyšší koncentrace amoniaku (reziduum po solení mostu karbamidem) byly nalezeny v opukové rovnanině, maltě a v opuce (vz. č. 12, 15 a č. 16).

Relativně vyšší koncentrace močoviny (0,13 mg/g) se vyskytovaly v keramzitbetonu nad betonovou deskou i pod ní (vz. č. 5, 10). Zřejmý vzestup močoviny v povrchových vrstvách vozovky zasluhuje další pozornost.

Nejvyšší celková koncentrace jednotlivých solí se nacházela v keramzitbetonu (vz. č. 1, 5, 9, 10). V opukové rovnanině se koncentrace vodorozpustných solí, především síranů a dusičnanů, pohybovala v rozmezí: SO₄ 0,45–4,40, NO₃ 0,13–1,50. Vlhkost keramzitbetonu pod železobetonovou deskou a malty u poprsní zdi a pískovce

(u dna sondy) byla výrazně zvýšená (33,5/32,3 % hm.). Z uvedeného je zřejmé, že keramzitbeton je významný a stálý zdroj vodorozpustných solí v tělese Karlova mostu.



Obr. 5. Narušení a rozpad povrchových vrstev pískovcových kvádrů (oblouk XIV. nad Čertovkou)

Pískovcový kámen

V dosavadním výzkumu při charakterizaci korozní aktivity jednotlivých solí byla pro zjednodušení používána pouze skupina aniontů (Cl^- , NO_3^- , SO_4^{2-}), výjimečně i kationty (NH_4^+). Ve skutečnosti soli vzniklé částečnou nebo úplnou náhradou vodíkových atomů v kyselině atomy kovu vždy obsahují v molekule kationt a aniont. Právě tyto, tzv. jednoduché soli, jsou dominantními sloučeninami, které se výrazně podílejí na degradaci pískovcového kamene Karlova mostu.

Proto pro studium jednotlivých molekul solí, přítomných v jádru kamenných kvádrů lícového zdiva, bylo zvoleno sledování plošné distribuce vybrané skupiny prvků v hloubce 7 cm pod lícovou stranou kamene. Prostorová distribuce na vybraných vzorcích vrtných jader lícového zdiva V., VI. a IX. oblouku prokázala, že vodorozpustné soli jsou zastoupeny v nitru všech studovaných pískovců. Všeobecně lze říci, že v žehrovických pískovcích byly identifikovány sodné

nitrosoli a chloridy. Ve vyšeňovickém pískovci převládá síran sodný a podružně byl zastoupen síran vápenatý. V božanovském pískovci byly nalezeny nitrosoli sodné a podružně také síran vápenatý. Plošná distribuce chlóru v božanovském pískovci a v jednom ze dvou vzorků žehrovického pískovce naznačila vyšší zastoupení chloridů, než by odpovídalo pouze chloridu sodnému. Podle výsledků chemických analýz bylo možné předpokládat v kamenných chlorid amonný. Nadbytek sodíku v hoříckém pískovci dokládá přítomnost nitrosolů. Kvantifikování uvedených poznatků však prozatím brání silná materiálová nehomogenita jednotlivých oblouků Karlova mostu.

Vzhledem k tomu, že kvádrové zdivo je v současnosti jak z lící, tak z rubové strany vystaveno uvedeným solným korozním faktorům, lze předpokládat, že v dlouhodobém horizontu by mohlo dojít lokálně až ke kritickému stavu, kdy se v blocích mohou objevovat trhliny způsobené jeho mechanickým stavem napjatosti. Tyto procesy se lokálně projevují již v současnosti. V průběhu detailního průzkumu kvádrového zdiva bylo zaznamenáno náhlé odpadnutí desky pískovcového kamene o rozměrech cca 400 x 250 mm, tloušťky 50 až 70 mm v oblouku č. III. Pro dokreslení velikosti současného zatížení povrchu pískovce Karlova mostu solemi uvádíme v tab. 6 obsah vodorozpustných solí v povrchových vrstvách (do hloubky 20 mm). Z uvedených výsledků je zřejmé, že koncentrace vodorozpustných Cl^- , NO_3^- a SO_4^{2-} značně překračují hodnoty uvedené ve WTA 4-5-97 pro vysokou salinitu. Pro srovnání obsah solí v původním materiálu činí:

- chloridy – božanovský pískovec 0,013 mg/g materiálu, hořícký pískovec 0,028 mg/g materiálu, Kamenné Žehrovice 0,012 mg/g materiálu,
- dusičnany – božanovský a hořícký pískovec 0,0005 až 0,0020 mg/g materiálu.

Obsah chloridů v pískovcových kvádrech stoupl proti původnímu materiálu o 1 až 3 řády, obsah dusičnanů až o 4 řády.

V betonové desce s diagonální sítí (tab. 4, vz. č. 7) byla opět nalezena vyšší koncentrace SO_4 , než povoluje Caltrans Standard Specifications of 1988 (Section 90, Part 2.03, California Department of Transportation), která uvádí pro sírany limitní hodnotu 1,3 mg/g betonu. Nasákavost železobetonu z kopaných sond byla srovnatelná s nasákavostí cementové omítky. Uvedené výsledky dobře korespondují s dřívějšími nálezy z vrtných sond [1] a potvrzují předpoklady, podle kterých jsou póry a trhliny v železobetonové desce způsobeny krystalizačními tlaky ettringitu ($\text{Ca}_6\text{Al}_2\text{O}_6(\text{SO}_4)_3 \cdot 32 \text{H}_2\text{O}$, thaumasitu $\text{Ca}_3\text{H}_2[\text{CO}_3/\text{SO}_4/\text{SiO}_4] \cdot 13 \text{H}_2\text{O}$ a sádrovce $\text{Ca}_2(\text{SO}_4) 2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ([1] obr. 8, 9 a 10). V důsledku krystalizačních tlaků a během migrace solí dusíku do podložních konstrukčních vrstev se v betonu objevují vodorovné diskontuity a klesá jeho ochranná funkce ve vztahu k ocelové výztuži, u které se již lokálně

Tab. 6. Obsah vodorozpustných solí v povrchových vrstvách pískovcového kamene Karlova mostu v Praze (rok 2000)*

Vzorek	Místo odběru	pH	Cl	SO ₄	NO ₃	NO ₂	NH ₄	Močovina
			[mg/g]					
1	V. oblouk, pata	8,0	0,40	9,89	9,72	NT	0,000	0,05
2	V. oblouk, střed	7,5	0,63	8,11	9,28	NT	0,000	0,05
3	VI. oblouk, pata	7,0	0,55	12,84	11,00	NT	0,000	0,22
4	VI. oblouk, střed	7,0	0,94	5,94	15,05	NT	0,021	0,44
5	IX. oblouk, pata	7,5	10,30	13,00	13,14	NT	0,020	0,11
6	IX. oblouk, střed	7,5	0,38	24,40	0,49	NT	0,001	0,02

* NT nesledováno

objevuje koroze. Degradaci betonové desky podporuje i dotace síranů a dusičnanů z keramzitbetonu, který představuje v tělese mostu stálý zdroj vodorozpustných solí.

Shrnutí

Vliv anorganických solí vnesených do kamene buď ve formě posypových solí, či reakcí s atmosférickými polutanty, významně zatěžuje také pískovcové kameny mostu. Aby bylo dosaženo rovnováhy vlhkosti vnitřního a vnějšího prostředí při navlhání kamene, soli vzhledem ke svým hygroskopickým vlastnostem přijímají nebo uvolňují vodu za přechodu na krystalickou formu. Jak krystalizace z roztoku, tak hydratační změny solí jsou provázeny hydratačními a krystalizačními tlaky, které dosahují vysokých hodnot (např. $\text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$ – 111 MPa, $\text{NaCl} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ – 130 MPa), které již jsou příčinou tvorby dilatačních spár a mikrotrhlin v kameni. Urychlení celkového stárnutí (degradace) pískovcových kamenů je dále dáno oboustranným gradientem vlhkosti, který umožňuje jak vyplavování, tak migraci lehce rozpustných solí do hloubky pískovcového kamene.

Vzhledem k vysokým koncentracím solí v pískovcovém kameni lze odůvodněně konstatovat, že hydratační a rekrystalizační tlaky se účastní na tvorbě mikrotrhlin v kameni, které se dále zvětšují, a tím zvyšují povrch reakčních ploch stavebního materiálu. Tímto způsobem (spolu se statickými poruchami) dochází k tvorbě rozsáhlého trhlinového systému, který již ohrožuje stabilitu povrchových vrstev kamene. Je samozřejmé, že míru degradace je nutno posuzovat individuálně u jednotlivých kamenných bloků. Zatímco u některých lze z cca 50 cm mocnosti kamenného kvádrů za kvalitní považovat pouze přibližně její polovinu, u jiných je hloubka degradace téměř zanedbatelná. Z uvedeného vyplývá, že každý mostní oblouk, popř. jeho část, je z hlediska salinity samostatným korozním problémem, který je nutné individuálně řešit.

Vliv anorganických solí významně zatěžuje i betonovou desku s diagonální tahovou výztuží. Během migrace solí do podložních konstrukčních vrstev se zvyšuje porozita železobetonu, objevují se vodorovné diskontinuity a klesá jeho ochranná funkce ve vztahu k ocelové výztuži, u které se již lokálně objevuje koroze. Degradaci železobetonové desky podporuje i dotace síranů a dusičnanů z keramzitbetonu, který představuje v tělese Karlova mostu stálý zdroj vodorozpustných solí.

Podle současných znalostí neexistuje chemický prostředek, který by dokázal plně a dlouhodobě imobilizovat veškeré zjištěné druhy vodorozpustných solí v celém objemu **opukové rovnániny** v mostní konstrukci Karlova mostu. Proto ani teoreticky, ani prakticky nelze zamezit interakci vodorozpustných solí s kvádrovým zdívkem mostních kleneb a poprsních zdí na všech styčných plochách.

Základním opatřením, které výrazně omezí probíhající degradační procesy snižující životnost historicky cenné a nenahraditelné kamenné konstrukce Karlova mostu, je odstranění všech novodobě provedených kontaminovaných vrstev (mocnost těchto vrstev je cca 0,7 m, oprava 1966–1975) a postupné snížení vlhkosti tělesa a kamenné konstrukce mostu spolehlivým hydroizolačním a provětrávacím systémem tělesa Karlova mostu [2], [4], [5].

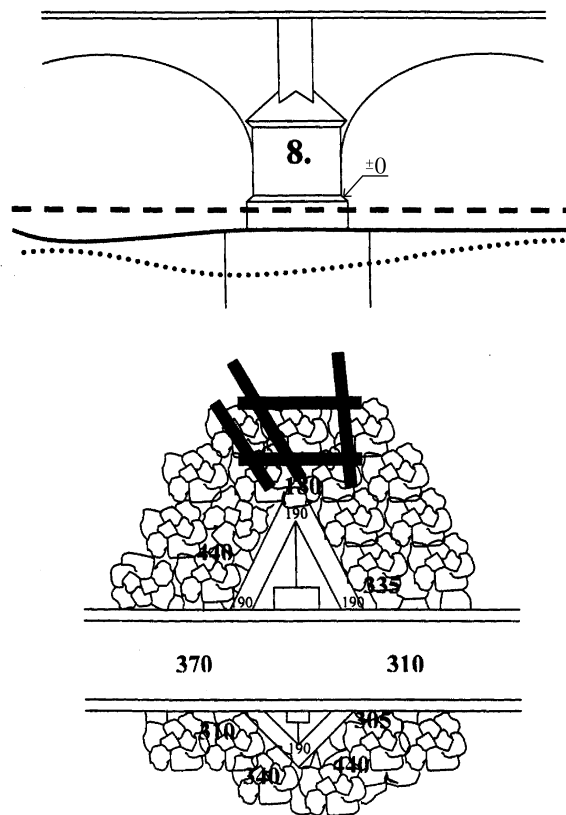
2. Poškození základového podloží a základů mostních pilířů při povodních

Karlův most lze z pohledu potenciálního ohrožení povodněmi rozdělit do třech částí. První část, zahrnující mostní

pilíře č. 1 až č. 3 u Staroměstské mostní věže a třetí část mostní pilíře č. 10 až č. 15 u Malé strany, jsou relativně chráněnou částí mostní konstrukce stávající zástavbou (Staroměstské mlýny) nebo obsypávkou (na Kampě) odolávající častým povodněmi bez vážného narušení. Druhá část, tvořená mostními pilíři č. 4 až č. 9, je nejčastěji povodněmi poškozovanou částí Karlova mostu, vystavenou v důsledku uměle vytvořených podmínek nejintenzivnějším účinkům povodní.

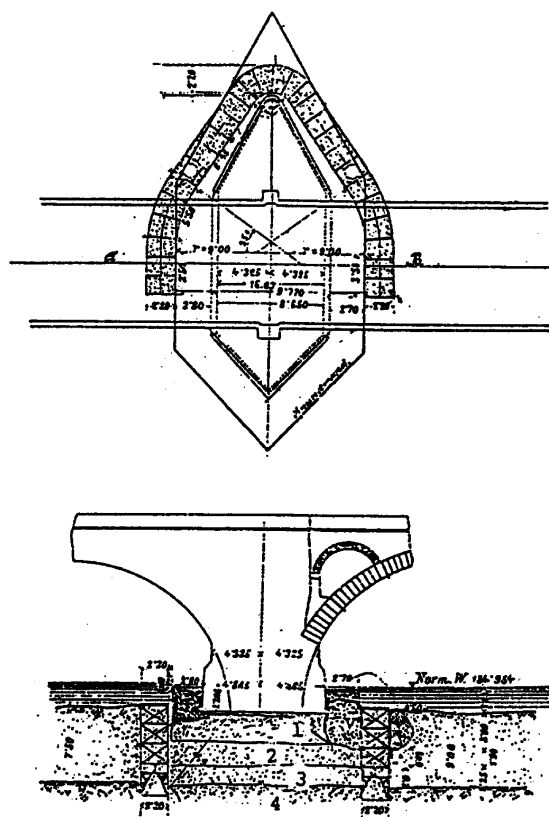


Obr. 6. Naplavené dřevo na Malostranském nábřeží za povodně v květnu 1872



Obr. 7. Zakreslené kaverny po povodni v roce 2002

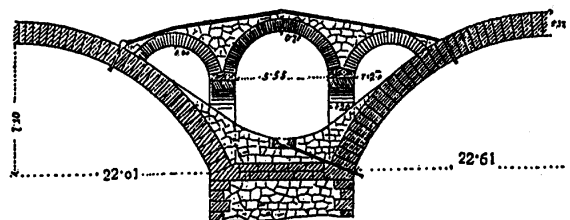
Základy mostních pilířů č. 5 a č. 6 byly po povodni v září 1890 obnoveny systémem kesonového založení až na úroveň tvořenou silurskými břidlicemi (obr. 10). Na ocelových břitech kesonů, vyplněných na tu dobu kvalitním betonem (1 : 1 : 2 : 7 – hydraulické vápno : cement : písek : davelský štěrtek), jsou založeny zděné pilíře, které jsou do úrovně soklu tvořeny žulovými kvádry (votická, popř. čerčanská žula), a dále pak pískovcovými kvádry (hořícký pískovec).



Obr. 8. Nerealizovaný návrh sanace základů pilíře č. 4 kesonovým věncem (patrný malý výškový rozdíl mezi horním límcem kesonového věnce a základovou spárou – tento detail je kritickou částí provedené sanace pilířů č. 3, 4, 7)
1 – písek a hrubé říční štěrky, 2 – hrubý štěrk,
3 – přechodní vrstvy, 4 – břidlice

Pilíře č. 3, 4 a č. 7 jsou založeny jako původní v úrovni upraveného dna cca 2 m pod úrovní normální hladiny vody (tzv. normálem pro Karlův most – 184,954 m). Při detailním průřezu prováděném při zakládání sousedních mostních pilířů č. 5 a č. 6 na kesonech, v roce 1892 byly v hloubce –2,24 m (pilíř č. 6) a –2,03 m (pilíř č. 5) nalezeny zbytky základů v povodních částech pilířů. Po povodni v roce 1892 a následně v letech 1902 až 1904 byly pilíře č. 3, 4 a 7 zabezpečeny kesonovými věnci tvořenými sedmi samostatnými spouštěnými bloky až na úroveň skalnatého podloží (obr. 8).

Kóta horního líce kesonové obálky mostních pilířů byla stanovena s ohledem na plavební zájmy loďařů. Výška betonové obálky uzavírací desky provedené v šikmém spádu od pilíře byla ukončena na úrovni 182,954 m pod normálem a v bocích na úrovni 182,454 m. Betonová deska uza-



Obr. 9. Schéma vylehčovacích kleneb nad pilířem č. 5 (patrné odvodnění nadezdívky kleneb a prostoru pod vylehčovacími klenebami odvodňovacími otvory v mostních klenebách – realizovaný návrh prof. Velflíka)

vírající prostor mezi základem mostního pilíře a kesonovým věncem má mimořádný význam z hlediska ochrany základové spáry mostního pilíře. Při jejím narušení hrozí nebezpečí eroze a narušení základového podloží pilířů účinkem vířivých proudů a turbulencí proudící vody.

Pilíř č. 9 byl částečně narušen při povodni v roce 1432 a základ pilíře č. 8 byl narušen při povodních v roce 1784. Jejich základy jsou na původní mělké úrovni ze 14. a 15. století a patří k nejvíce ohroženým v případě povodní. Ochrana základu pilíře č. 8 betonovou obálkou je v případě povodní podmíněně vyhovující za předpokladu, že kulminace vody bude mít rychlý vzestup a odliv a nevytvoří destruktivními turbulencemi kaverny a následně narušení základové spáry a základu mostního pilíře.

Shrnutí

Potápěčský průzkum prokázal, že erozní působení povodňové vody v roce 2002 a v roce 1890 se liší především výrazným účinkem proudnic směřujících šikmo k podélné ose mostních pilířů č. 7, 8 a č. 9. Podstatně menší erozní narušení dna bylo zjištěno mezi mostními pilíři č. 1 až č. 3 (u Staroměstských mlýnů) a pilíři č. 10 až č. 15 (na Kampě). Intenzivnější erozní účinky lze nalézt v oblasti hlavních proudů směřujících do mostních polí mezi pilíři č. 3 až č. 10 (viz barevná příloha).

Průzkum dna v roce 2002 doložil, že kaverny u pilířů v této oblasti jsou charakteristické směrem dvou hlavních šikmo odkloněných proudnic od podélné osy pilířů č. 7 a č. 8 způsobující boční vymílání a narušování základového podloží a základů těchto mostních pilířů. Jejich základy lze označit z hlediska mimořádných účinků zvýšeného průtoku vody při povodních za nejvíce ohrožené. Zvláštní pozornost vyžadují také pilíře č. 3, č. 4 a č. 9. V tabulce 7 jsou uvedeny dílčí výsledky průzkumu základů a zdíva mostních pilířů a základového dna [10].

Podrobný popis stavu základů mostních pilířů po povodni v září 1890 je uveden v [7]. V následující poznámce je doslovná citace části této Zprávy, z níž je patrný způsob založení pilířů, jejich stav po povodni a hlavní příčina zřícení části mostu.

Citace části textu podrobné „Zprávy o rekonstrukci mostu Karlova“, ze 4. března 1892

1. Komise počala s prohlídkou u prvního pilíře, na němž stojí mostecká věž staroměstská.

Základy tohoto věžního pilíře byly před patnácti roky řádně opraveny, podchyceny a pomocí špuntovní stěny a vrstvy betonu rozšířeny a zabezpečeny. Při prohlídce bylo shledáno, že špuntovní stěna i vrstva betonová jsou zcela neporušeny; a podobně nebylo také na zevnějších plochách pilíře žádných nových trhlin ani poškození pozorovati.

Hloubka vody kolem tohoto věžního pilíře jest zcela nepatrná a obnáší průměrně jen as 50 cm pod normálem.

2. Při prohlídce druhého pilíře bylo shledáno, že dřevěný pilotový rošt, na němž je pilíř založen, leží as 60 cm pod normálem; železnými tyčemi a háky bylo pak zjištěno, že zmíněný rošt byl na některých místech nepatrně poškozen – v celku však nebylo řečiště u tohoto pilíře vymleto, spíše byl zde písek a štěrk v řečiště nanesen, neboť obnáší hloubka vody u tohoto pilíře průměrně jen 1 m pod normálem.

3. Třetí střední pilíř jest onen, který jest obezděnou stezkou čili ostrůvkem proti vodě spojen s mlýny staroměstskými.

Jak málo známo, valila se voda při povodni mocným proudem přes tuto stezku, povalila její parapetní zdi a uložila za stezkou do řečiště spousty štěrku a písku, které u hořej-

Tab. 7. Výsledky průzkumu základů a zdiva mostních pilířů a základového dna [10]

a) kóta dna po obvodu mostních pilířů po povodni 8/2002 – výška dna vztažená k úrovni normální hladiny vody 184,954 m

Pilíř č.	Kóta dna							
	1	2a	2b	2c	3	4a	4b	4c
2	183,754		183,754				182,854	
3	183,154		182,154		183,054		182,654	
4	183,054		182,154		183,854		182,654	
5	182,054	181,954	181,654	181,754	181,854	182,354	181,154	183,154
6	182,454	182,554	182,954	183,554	183,454	183,254	183,154	183,054
7	183,154	180,254	181,354	180,954	183,454	182,754	182,654	182,754
8	183,854	182,354	182,454	181,354	182,354	181,354	182,054	182,654
9	183,454 až 184,054							
10	cca 184,300							

b) narušení zdiva a základů mostních pilířů, stav dna u pilířů

Pilíř č.	Stav		Poznámka	
	zdiva pilířů*	dna okolí pilířů**		
2	5 narušených spár do hloubky 0,40 m			
3	8 narušených spár ve zdivu a 3 kaverny do hloubky 0,30 m	dno pokryto kameny 0,50–0,80 m		
4	12 narušených ložných spár do hloubky 0,10–0,15 m	dno pokryto kameny 0,50 m		
5	11 narušených ložných spár do hloubky 0,50 m, 3 kaverny 0,70 m	dno pokryto kameny 0,50–0,90 m		
6	4 narušené ložné spáry do hloubky 0,30 m, 1 kaverna 0,15 m	dno pokryto kameny 0,50–0,80 m		
7	11 narušených ložných spár do hloubky 0,20 m	dno pokryto kameny 0,20–2,50 m		
8	7 poruch	dno pokryto kameny 0,80–2,50 m		
9				narušená spára po obvodu pilíře (mezi základovým roštem a dříkem) výšky cca 50 mm a hloubky 0,20 m
10				zbytky lomového kamene a bahnitě nánosy částečně narušená ložná spára zdiva dl. 1,60 m, hl. 0,10 m

* lokální narušení, ** v okolí základů mostního pilíře

šího konce tohoto třetího pilíře vysoko z vody vyčnívají a po celém východním boku pilíře základy jeho téměř až k hladině vodní pokrývají.

Západní strana tohoto třetího pilíře byla patrně vysazena mocnému proudu vody a jest zde řečiště vymleto na průměrnou hloubku 2,70 m.

Na základech tohoto pilíře nebylo však žádných zvláštních poškození zjištěno.

4. Při prohlídce pilíře čtvrtého bylo především shledáno, že byla dřevěná ochranná koza před pilířem rozbořena a odplavena, tak že pouze jednotlivé zbytky kolů z vody vyčnívají.

Při ohledání základů tohoto pilíře byla na západní straně při hořejším konci shledána značná prohlubeň až 5,10 m a bylo zjištěno, že pilotový rošt byl v těch místech povodní protřazen o odplaven.⁹⁾

Hloubka vody u hořejšího konce pilíře obnášela 2 m, podél východního boku pilíře průměrně 1,80 m, na dolejší konci pilíře 1,90 m; podél západního boku bylo však shledáno nápadně vymleté řečiště, neboť obnáší hloubka vody zde 5,10 m pod normalem.^{**)}

Z této okolnosti jakož i z bedlivého ohledání pomocí železných tyčí a háků soudí kommisce, že jsou základy tohoto čtvrtého pilíře zejména na straně západní značně poškozeny a ohroženy. Mezi tímto pilířem čtvrtým a následujícím pilířem pátým byl patrně proud vody při povodni nejprudším, neboť jest řečiště uprostřed mezi těmito pilíři vymleto až na hloubku 6 m pod normalem.

5. Pátý pilíř jest se strany staroměstské posledním, který po katastrofě zůstal státi; a nápadně jest, že před tímto jediným pilířem zůstala dřevěná ochranná koza neporušena, kdežto u všech ostatních pilířů byly ochranné kozy povodní

pobořeny a s největší částí odplaveny.

Pozůstalá jediná ochranná koza před tímto pilířem pátým přispěla do jisté míry k jeho zachování, neboť byl tento pilíř při povodni vysazen největšímu proudu vody a nejproudším nárazům plovoucích předmětů.

Hloubka vody obnáší při hořejším konci 1,40 m, podél východního boku průměrně 2 m, na dolejším konci 0,60 m a podél boku západního průměrně 2,10 m pod normalem.^{***)}

Základy tohoto pilíře jsou na východním boku částečně poškozeny a podemlety.

Na západní straně tohoto pátého pilíře visí asi čtvrtina bývalého sříceného oblouku; na lícni ploše nadezdívky jeví se zde od shora parapetu až téměř k patkám klenby značná, as 15 mm široká trhlinka.

Na konci visuté části obloukové trčí ven ze zdiva trouby plynovodu, koleje a železné podkladní traversy tramwaye a asi 15 m široká plocha dlažby mostní, která jest ve způsobě klenby ve zmíněných traversách tramwayních zapjata.

Šestý a sedmý pilíř mostní jsou zbořeny; klenby, jež na nich spočívaly, jsou rozvaleny a trosky jejich vyplňují prostory řečiště mezi pilíři a vyčnívají na mnoha místech jako mohutné balvany z vody. Pro tyto trosky a nahromaděné zde dříví nemohly ani hloubky vody kolem těchto pilířů býti změřeny, toliko u hořejšího konce šestého pilíře bylo zjištěno, že jest zde řečiště vymleto až na hloubku 6 m pod normalem.

Při obou zbořených pilířích sluší zvláště podotknouti, že jsou mohutná, dosud souvislá jejich tělesa proti vodě nápadně sehnuta, čehož příčinou bylo patrně předcházející veliké podemletí – zejména při hořejších koncích obou těchto pilířů.

Obě sousoší před tím na pilíři šestém umístěná byla do vody svržena, kdežto obě sochy na pilíři sedmém dosud neporušeny na nahnutém zbytku jeho stojí.

7. Osmý pilíř je od Malé Strany poslední, který zůstal po povodni státi.

Na východním boku tohoto pilíře visí asi čtvrtina bývalého zbořeného mostního a také zde vyčnívají trouby plynovodu, koleje tramwaye a jednotlivé kvádry.

Podél východního boku tohoto osmého pilíře nemohly základy pro nahromaděné zde trosky býti ohledány; kdežto na západní straně, kde bylo možno k pilíři připlouti, bylo zjištěno, že v pilotovém roštu byly povodní vymlety jednotlivé prohlubiny.

Hloubka vody obnáší zde 2,20 m pod normalem.

8. Při prohlídce devátého pilíře bylo shledáno, že jest zde řečiště značně vymleto a že byl pilotový rošt na východním boku a na dolejším konci pilíře na několika místech poškozen.

Hloubka vody obnáší zde 4,20 m, podél východního boku průměrně 3,10 m na dolejším konci 2,10 m a podél západního boku průměrně 2,30 m.

9. Ohledáním desátého pilíře nebylo zjištěno žádné poškození základů ani vymletí řečiště.

Průměrná hloubka vody kolem tohoto pilíře obnáší jen as 1,70 m.

10. Jedenáctý pilíř mostní stojí již celou plochou na ostrově Kampě; podél východního boku, který k řece přiléhá, jsou základy pilíře pojištěny kamenným náhozem.

Tento nához shledán neporušeným; základy pilíře povodní poškozeny nebyly; hloubka vody obnáší zde jen as 50 cm pod normalem.

^{*)} K tomuto nálezu dovoluji si podotknouti, že při konané opravě, při níž mohla úroveň vody čerpáním jímky do značné hloubky býti snížena (na čerpání vody nebylo lze pomyslet ani při nejpěčiivějších jímkách, což dokážu pozdějšími rozbory), ani roštu ani základních

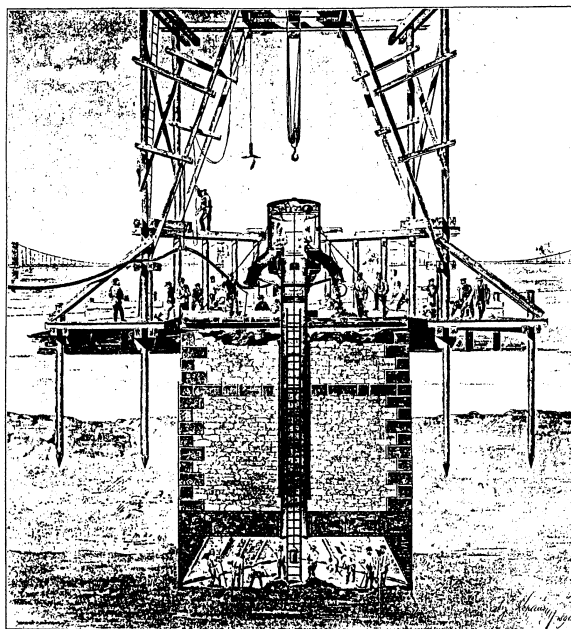
pilot se nenalezlo, a že pilíř založen byl na přirozeném řečišti, chráněn byv dle nákresu. I špuntovnici velmi solidní. K předmětu samému se ještě vrátím.

^{**)} Tento nález potvrzuje ostatně i nákres, jenž objasňuje spolu i způsob výmolu vytvořeného pod pilířem.

^{***)} Pravdě podobné jest, že před průřezí mostu i zde byl větší výmól, že však svalivší se kusy klenby řečiště opět vyplnily. Ovšem, když později, dne 13. října, spadla i pozůstalá patka klenby, bylo řečiště kolem pilíře v bezprostřední jeho blízkosti nadobro zamláceno.

Komise pak prohlédla most i s hora a zodpověděla při závěrku protokolu, jehož plné znění tuto neuvádím, klade-nou otázku, „v čem hledati dlužno příčinu sřícení mostu“ – tím, že katastrofu zavinilo nahromaděné dříví.

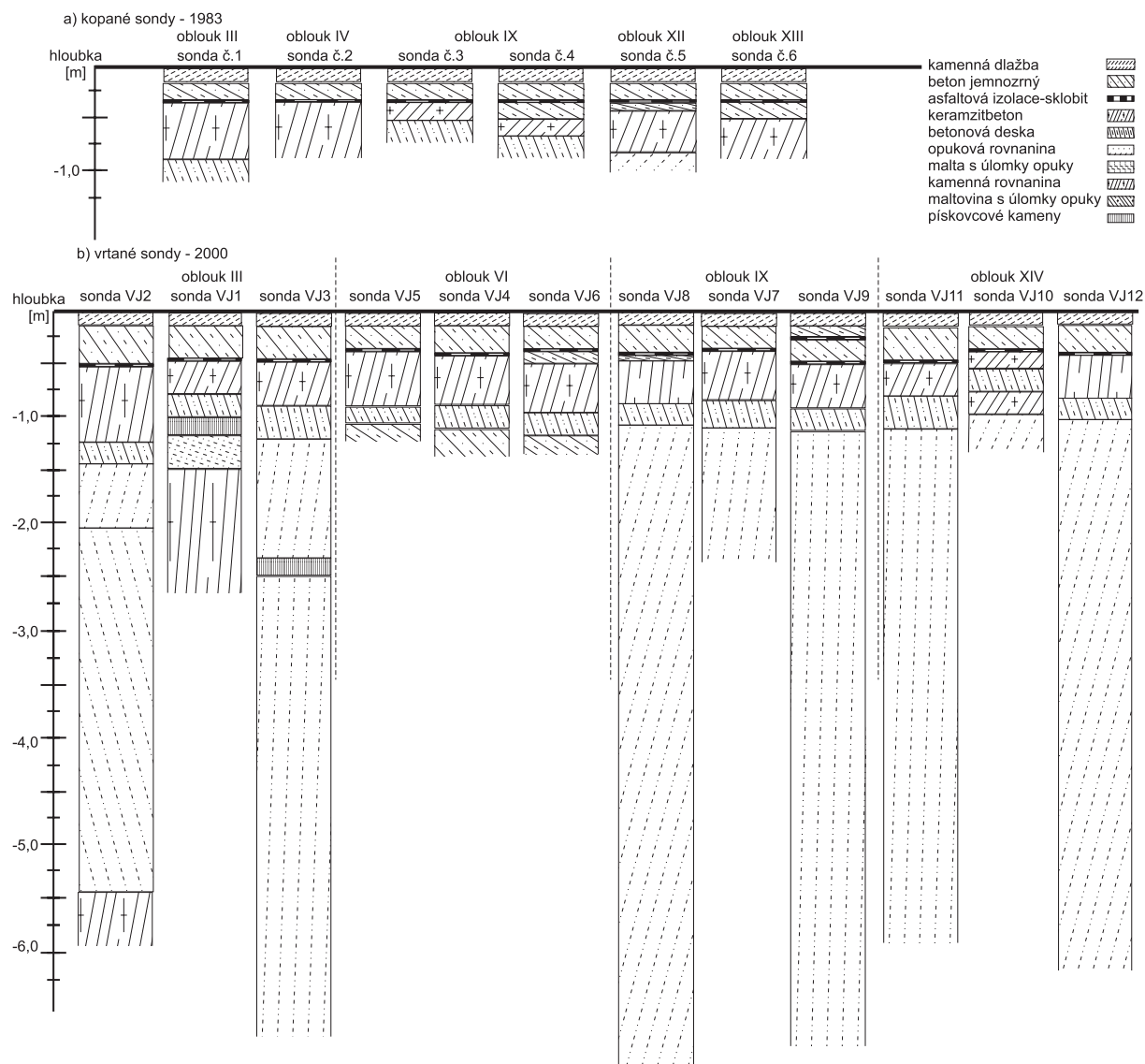
My ovšem nepřidáváme se ani k tehdejšími některými novinářským hlasům, jež shledávaly katastrofy v plynových trubách – a pak v tramwayních kolejích, nýbrž pravíme po zralém přesvědčení: první příčinou bylo nahromaděné dříví, jímž se průtočný profil zmenšil; voda přirozeným způsobem se vzemula a nabyvši v neucpaných otvorech volný průtok a majíc větší vzdutí než za poměrů obvyčejných, spolu nepřirozený (lomený) směrem proudů, a konečně vzdutím i větší živou sílu, působila při vířivém pohybu velmi dravě – as jako cyklony vzduchové – a druhou příčinou byly nedostatečné mělké staré základy, kteréž vířivým pohybem vody byly podemlety. (Uvedené číslování pilířů je posunutě oproti číslování použitému v [1] a dále, pilíři č. 1 pod Staroměstskou mosteckou věží odpovídá pilíř č. 0).



Obr. 10. Zakládání nových pilířů č. 5 a č. 6 na kesonech po povodni v září 1890, při níž došlo ke zřícení tří mostních oblouků (V., VI., VII.) a dvou pilířů (č. 5 a č. 6)

3. Analýza vlivu příčného spřažení poprsních zdí

Nedílnou součástí kamenné mostní konstrukce jsou poprsní zdi uložené na mostních klenbách spojitě probíhající přes mostní pilíře, bez dilatačních spár, ztužené v místě mostních pilířů kamennými zdenými pilíři, které současně tvoří podstavce pro sochy. Poprsní zdi jsou podobně jako mostní pilíře a klenbové mostní oblouky vystavěny z kamenného zdiva z opracovaných, převážně pískovcových bloků různého složení, stáří a z různých lokalit, spojených na vápennou maltu z pískovcového štku a hydraulického



Obr. 11. Složení výplňových vrstev tělesa mostu podle provedených sond a projektu opravy 1967–1975

vápna, později s přísadou cementu. Při stavbě mostu bylo použito převážně pískovce a arkóзовého pískovce z lomů v Kamenných Žehrovicích a Vyšehořovicích, při opravě mostních pilířů a polí po povodni v roce 1890 byly použity křemité pískovce křídového stáří z okolí Božanova a křemíto-kaolinové pískovce z okolí Hořic.

Vysoké poprsní zdi měly původně větší poddajnost, k níž přispívala vápenná malta ve spárách mezi kamennými bloky a pravděpodobně i částečně nevyplněné svislé styčné spáry mezi bloky. Při následných opravách bylo zdivo poprsních zdí postupně ztužováno vyplňováním spár. Při poslední opravě (1966–1975) došlo v některých polích (VIII., X.) k částečnému rozebrání poprsních zdí až na úroveň chrličů. Do svislých, popř. šikmých vyvrtaných otvorů, byly vloženy a injektovány ocelové kotevní trubky procházející poprsními zdi a zakotvené v mostních klenbách ve vzdálenosti po 1,2 m. Rozsah provedení této opravy není spolehlivě zachycen. Naposledy provedené sondy (pole V., VIII., XII., 7/2002) neprokázaly provedení této projektované opravy. Poprsní zdi mají tloušťku ve spodní části cca 0,6 m, která v horní části o výšce cca 1,5 m se zmenšuje na tloušťku cca 0,4 m.

Původní výplní pilířů a vyrovnávací vrstvou rozdílné mocnosti nad klenbovými oblouky byla opuková rovinanina tvořená opracovanými kameny, popř. úlomky různé velikos-

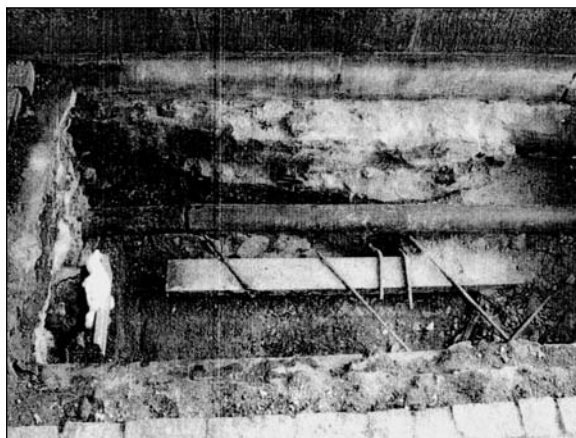
ti spojené vápennou maltou. Na této vrstvě byl proveden hlinitý násyp a mazanina a izolační vrstva z litého jílu. Konečnou úpravu tvořila kamenná dlažba uložená do hlinitého písku. Opuková rovinanina (zdivo), která zprostředkovala přenos zatížení z mostovky na mostní klenby, nepůsobila vodorovnými rozpěrnými tlaky na poprsní zdi. Neopracované opukové kameny spojené pouze diskretně vápennou maltou v ložných spárách, popř. opukové zdivo z opukových kamenů a úlomků s velkým podílem relativně poddajného vápenného pojiva, omezovaly intenzivní interakci mezi výplní mostního tělesa, poprsními zdi a mostními klenbami, zejména vzhledem k cyklickým deformacím mostních oblouků (viz obr. 21 v [1]) od účinků teploty a vlhkosti, a tím i vznik převážně příčných napětí, která předcházejí vzniku trhlin. Kamenná dlažba s hliněnou výplní spár umožňovala volnou dilataci jednotlivých dlažebních bloků. Na rubové straně kamenných mostních klenb byla pravděpodobně provedena izolační vrstva z litého jílu, která měla odvádět vsáklou vodu z povrchu mostovky do pat pilířů.

Při opravě Karlova mostu v letech 1966–1975 byla v některých polích opuková rovinanina částečně injektována cementovou směsí (Colcret), hliněné násypy a mazanina nahrazeny podkladním betonem, na který byla, podle projektu, uložena diagonální síť z betonářské oceli \varnothing 14 mm,

ocel 10425 oboustranně obetonovaná vrstvou celkové tl. $0,12 \pm 0,20$ m. Podle projektu měla být diagonální síť zakotvena do poprsných zdí prostřednictvím kotevních úhelníků a ocelových injektážních trubek procházejících poprsnými zdmi (viz obr. 2 lit. [1]). Původní návrh předpokládal, že na této vrstvě bude provedena hydroizolace (z návrhu není zřejmé její odvodnění). Následně byl změněn (Stavební deník 24.1.1968) a hydroizolace převážně ze sklobitu byla provedena na vrstvě keramzitbetonu zarovnané betonovou mazaninou, popř. podkladním cementovým potěrem. Podle zápisů ve Stavebním deníku nebyla betonová deska s diagonální sítí včetně kotevních poprsných zdí provedena v obloucích V. až VII. Na nich měl být odstraněn násyp až na rub kleneb a nahrazen keramzitbetonem (Stavební deník 16.5.1969). Průzkumné kopané (1983 – 6 sond, 2003 – 3 sondy) a vrtné sondy (2000 – 12 sond) prokázaly značné rozdíly ve složení a mocnosti vrstev tvořících výplň tělesa mostu, v kvalitě jejich provedení a v jejich mineralogických, chemických a fyzikálně mechanických vlastnostech (tl. keramzitbetonové vrstvy v rozmezí od 0,15 do 0,50 m, v některých sondách nebyla zjištěna betonová deska, popř. diagonální síť atd., obr. 11).

Průzkumné sondy a odběry vzorků prokázaly vysokou hmotnostní vlhkost (od 10 do 34 %) a obsah solí (převyšující přípustné hodnoty jejich koncentrace), které dokládají probíhající chemické a biochemické procesy narušující jak materiál výplně tělesa mostu, tak samotné mostní kamenné zdivo. Intenzita těchto procesů v jednotlivých mostních polích závisí na intenzitě místního zatékání a obsahu agresivních chemických látek transportovaných do tělesa mostu zatékající povrchovou vodou (srážkovou, z tajícího sněhu) nefunkční hydroizolací. Při hodnocení výsledků petrografických, mineralogických, chemických, biochemických a fyzikálně mechanických analýz vzorků odebraných ze sond je nutné vzhledem k celkové ploše mostovky cca 5 tis. m², rozdílné intenzitě zatékání v jednotlivých částech mostu, rozdílné počáteční kontaminaci z období používání chemického posypu i rozdílným počátečním vlastnostem přírodních a umělých materiálů tvořících mostní konstrukci a výplň tělesa mostu, které v souhrnu ovlivňují zjištěné vlastnosti materiálů, obsah solí a vlhkost, posuzovat rozsah degračních procesů individuálně.

Z historie mostu a jeho častých porušení při povodních je zřejmé, že z původní konstrukce kamenného Karlova mostu ze druhé poloviny 14. a počátku 15. století se zachovala

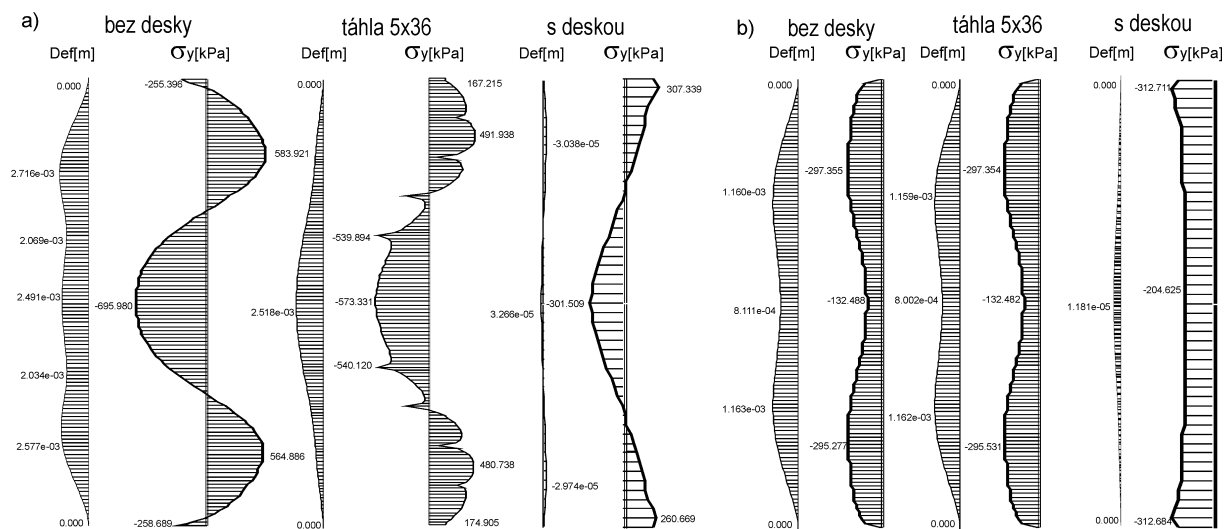


Obr. 12. Realizovaná betonová vrstva (kopané sondy 2002) s výztuží Ø 14 mm diagonální sítě [8]

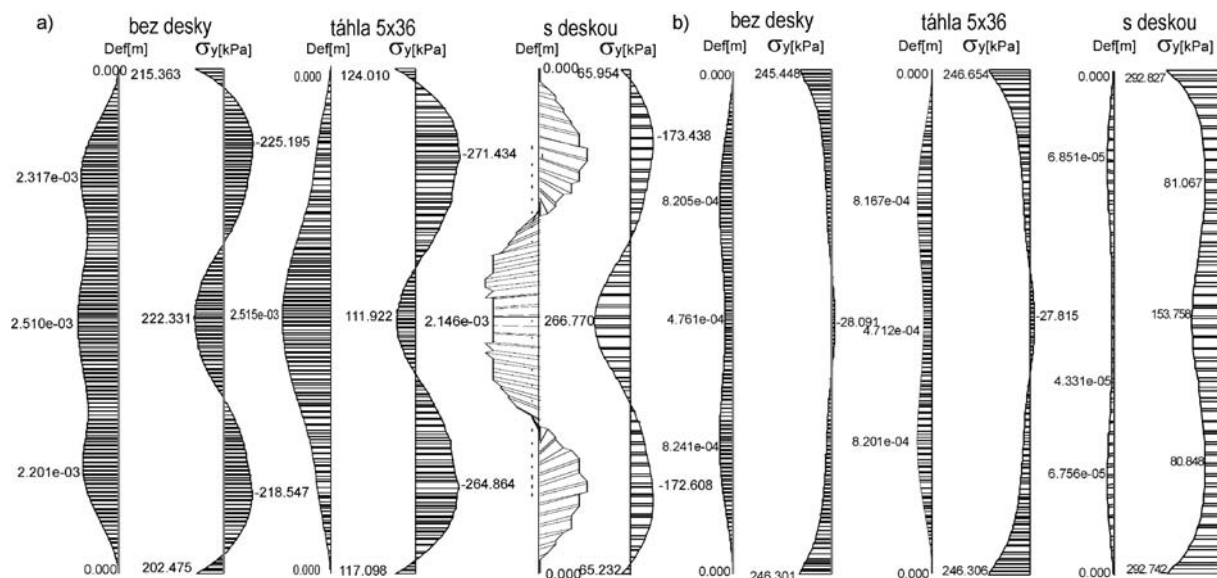
pouze část mezi Kampou a Malostranskou mosteckou věží a u Staroměstské mostecké věže (mostní pole I.–III. a X.–XV.). Pokud jde o samotnou výplň tělesa mostu, lze za novodobé považovat všechny vrstvy provedené v sedmdesátých letech minulého století, tj. od horní úrovně opukové rovnaniny, popř. opukového zdiva z opukových kamenů a úlomků různé velikosti spojených kvalitní vápennou maltou. V některých polích došlo k větším zásahům do tělesa mostu, např. k jeho injektáži cementovou směsí (Colcret), k provedení betonové mazaniny na horním líci opukové rovnaniny apod..

Výměna těchto novodobých vrstev o celkové mocnosti 0,7 až 0,8 m (viz obr. 4 a obr. 11) kontaminovaných solemi, často již v pokročilém stadiu narušení a ztráty projektovaných vlastností, by z památkového hlediska neměla být kolizní, pokud při jejich výměně nedojde k zásahům do historické konstrukce a historických výplňových vrstev tělesa mostu. Rozdílné názory jsou na „železobetonovou desku“, spráhující podle původního projektu Velké opravy (1966–1975) poprsní zdi. Způsob jejího provedení – obetonovaná diagonální síť z betonářské oceli (obr. 12) – vychází z požadavků vytvořit plošné deskové táhlo zajišťující vzájemnou polohu protilehlých poprsných zdí, nikoli železobetonovou desku (namáhanou převážně ohybovými momenty od účinku zatížení působícího kolmo na její střednici).

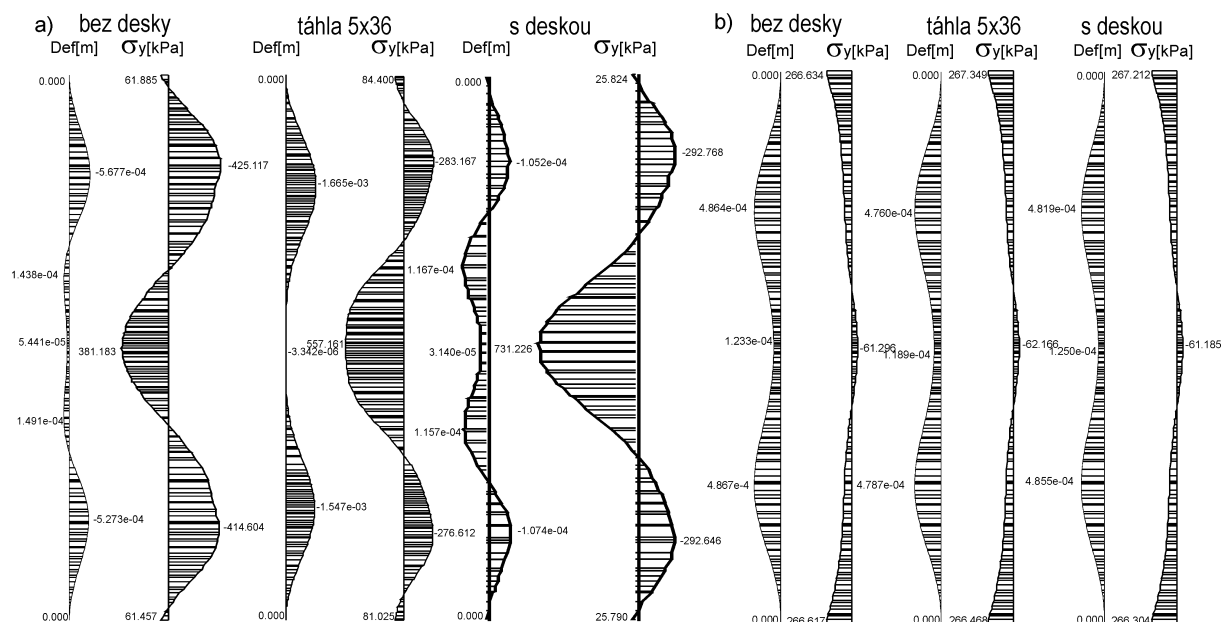
Projektové a pravděpodobně v některých mostních polích



Obr. 13. Průběh deformací a normálových napětí σ_y podél vnitřního líce poprsní zdi na úrovni $-0,7$ m
a – účinek svislého zatížení a vodorovný účinek výplně tělesa mostu, b – zatížení rozdílnou teplotou $-5i/+5e$



Obr. 14. Průběh deformací a normálních napětí σ_y podél vnitřního líce poprsní zdi na úrovni $-1,4$ m
 a – účinek svislého zatížení a vodorovný účinek výplně tělesa mostu, b – zatížení rozdílnou teplotou $-5i/+5e$



Obr. 15. Průběh deformací a normálních napětí σ_y podél vnitřního líce poprsní zdi na úrovni $-2,3$ m
 a – účinek svislého zatížení a vodorovný účinek výplně tělesa mostu, b – zatížení rozdílnou teplotou $-5i/+5e$

i realizované řešení současně vytváří z tohoto táhla i nepodstatnou rozpěru poprsních zdí. Kopané i vrtné sondy prokázaly rozdílnou polohu, tloušťku, popř. vyztužení této vrstvy, v některých případech absenci betonové desky (např. sonda č. 6, oblouk XIII., 1983), popř. absenci výztuže (sonda v oblouku V., 2002). Kvalita betonu, fyzikálně mechanické a chemické vlastnosti byly podrobně popsány v [1] a v úvodní části tohoto pojednání.

Naposledy provedené kopané sondy (2002) prokázaly nefunkční kotvení (sonda v oblouku XII.), které neodpovídá projektovému řešení a absenci výztuže (sonda v oblouku V.). Na základě těchto sond lze objektivně doložit, že diskuse v otázce, zda ponechat, nebo odstranit „železobetonovou desku“, které probíhají již od roku 1985, nejsou relevantní a neodpovídají skutečnému stavu a provedení této vrstvy včetně jejího kotvení v poprsních zdech, ale vycházejí ze sondami neprokázaného teoretického předpokladu realizace projektovaného řešení.

V rámci [9] byla provedena rozsáhlá numerická analýza

prostorového modelu mostní konstrukce s různými variantami statického uspořádání a zatížení, která zobrazuje první odezvu kamenné konstrukce na vyšetřovaný účinek zatížení. Jedna z variant je mostní konstrukce s železobetonovou vrstvou tl. $\sim 0,2$ m situovanou v úrovni 0,7 m pod úrovní současné mostovky, spojitě probíhající přes jednotlivá mostní pole a kloubově připojenou k poprsním zdem. V souladu s výsledky uvedenými v [1] prokazuje provedená analýza převážně negativní vliv železobetonové sřahující vrstvy na napjatost kamenné mostní konstrukce (obr. 13, obr. 14), především vyššími hodnotami tahových normálních napětí σ_y , které předcházejí vzniku trhlin a narušování kamenného zdiva. Například v porovnání hodnot tahových napětí $+\sigma_y$ varianty s železobetonovou deskou a varianty s táhly dochází na úrovni 1,4 a 2,3 m k cca 1,5násobnému až 2,5násobnému zvýšení hodnot $+\sigma_y$.

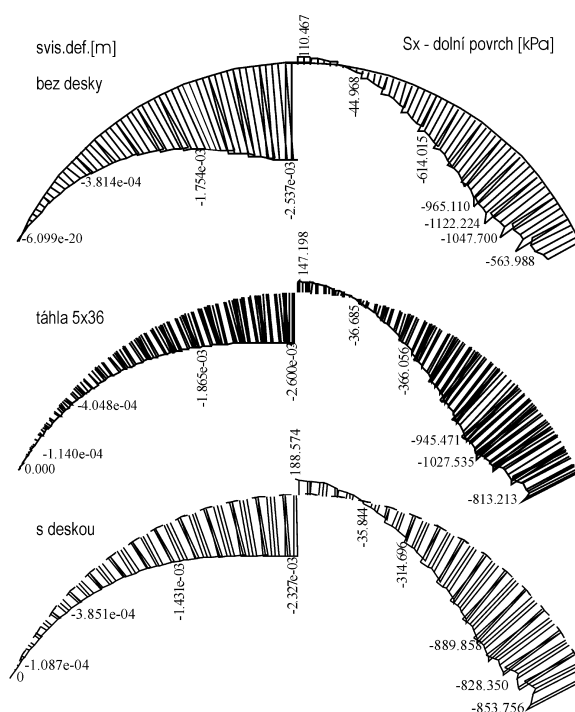
Z porovnání příčných deformací δ_x je patrné, že velikost i charakter deformací varianty bez desky a varianty s táhly jsou v případě zatížení teplotou $-5i/+5e$, v důsledku pře-

važující deformace poprsních zdí dovnitř mostu, shodné, tj. při sepnutí poprsních zdí táhly nedochází ke vzniku přídatných namáhání ani k nárůstu vynucených deformací příčného průřezu mostu s cyklicky narůstající trvalou složkou. Naopak, z porovnání varianty bez desky a varianty s deskou je patrné, že účinkem teploty ($-5i/+5e$) dochází ve variantě s deskou k „vysouvání“ poprsní zdi a vzniku tahových napětí $+\sigma_x$ na vnitřním povrchu poprsních zdí (na úrovni $-1,4$ m, obr. 14).

V případě realizace projektového řešení betonové desky s diagonální sítí zakotvené prostřednictvím kotevnic úhelníků k ocelovým injektážním trubkám (staticky modelováno jako liniový kloub) dochází ve vrcholu mostní klenby v okrajových průřezech k posunutí tlakové čáry směrem k hornímu povrchu klenby, a tím cca 1,8násobnému zvýšení tahových napětí $+\sigma_x$ na dolním povrchu klenby v porovnání s variantou bez betonové desky (obr. 16).

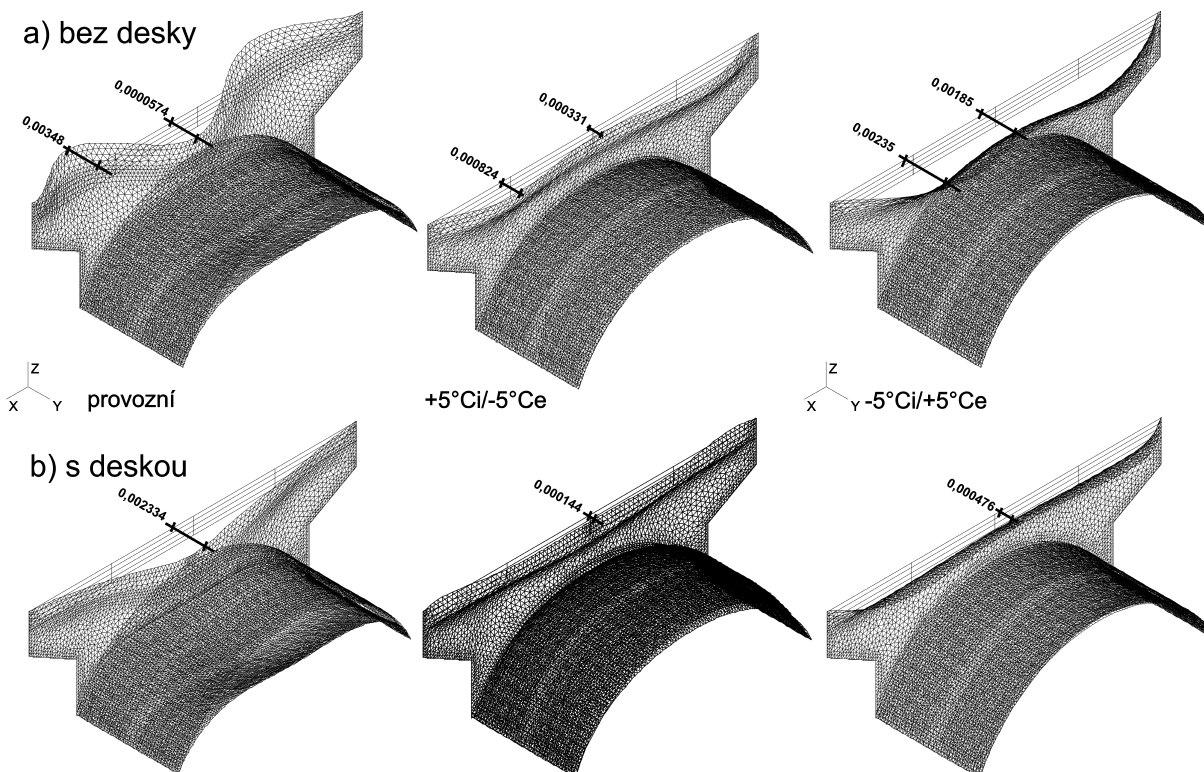
Průběh napětí σ_x ve střední části (v ose) mostní klenby není železobetonovou deskou ovlivněn a je téměř i co do velikosti shodný pro všechny vyšetřované varianty.

Chování mostní klenbové konstrukce je výrazným způsobem ovlivněno jejím spolupůsobením s poprsními zdmi a s výplní mostního tělesa. Jak již bylo uvedeno v [1], [2], [4], [5] a dalších pracích, není triviální úlohou popsat tuhost vzájemných vazeb těchto částí ani jejich tuhost tak, abychom mohli vytvořit výstižný matematický model vzájemné interakce a chování celého systému. Numerické analýzy charakteristických variant výpočtových modelů mostní konstrukce prokazují **negativní důsledky rozpěrného účinku betonové desky jak na napjatost a vznik podélných trhlin v kamenném zdivu, tak i na dlouhodobé přetváření mostní konstrukce**. Zatímco pozitivní účinek betonové desky jako táhla je provedenými sondami značně zpochybněn (viz obr. 3 a obr. 12 – problematické kotvení desky, chybějící výztuž, popř. chybějící betonová deska), negativní rozpěrný účinek



Obr. 16. Průběh normálových napětí σ_x od účinku svislého zatížení v okrajových průřezech mostní klenby (přiléhajících k poprsním zdem)

betonové desky, bez ohledu na sondami zjištěné skutečnosti, zůstává. Charakter celkové deformace jednotlivých mostních polí od účinků zatížení svislého a zatížení teplotou má převažující tendenci deformace poprsních zdí směrem dovnitř mostu (zejména ve střední části mostní klenby) a

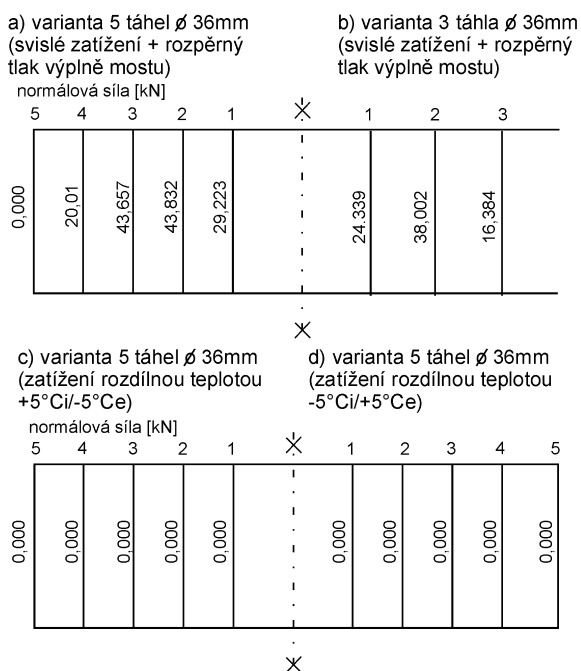


Obr. 17. Schéma primární deformace kamenné mostní konstrukce bez betonové desky (a) a s betonovou deskou (b) od účinku svislého zatížení a teploty [m] (ve všech uvedených případech betonová deska působí jako rozpěra – „vysouvá“ poprsní zdi)

prokazuje nežádoucí rozpěrný účinek betonové vrstvy, podobně jako ostatních injektáží zpevněných vrstev, které mají účinný kontakt s poprsními zdi. Tento výsledek kvantitativních analýz je v souladu s kvalitativní analýzou. Zvýšení tuhosti mostní konstrukce s sebou přináší vyšší mechanické stavy napjatosti způsobené nesilovými účinky vynucených přetvoření. Kritickým článkem nosného systému se v tomto případě stává únosnost (pevnost) kamenného zdiva v tahu. Zvýšení hodnot tahových normálových napětí předchází vzniku tahových trhlin. Dalším kritickým článkem nosného systému je pevnost ve smyku ve spárách zdiva. Jejím překročení je příčinou vzniku smykových trhlin a posunutí ve spárách. Obojí popsané typy poruch kamenného zdiva mostní konstrukce lze na Karlově mostě diagnostikovat. Obdobně lze hodnotit i negativní důsledky zpevněných výplňových vrstev tělesa mostu a jejich staticky účinného kontaktu s poprsními zdi.

Z provedených analýz dále vyplývá, že zejména účinkem svislých zatížení dochází – za předpokladu spolupůsobení poprsních zdí a mostní klenby (v souladu s úpravami provedenými v rámci opravy 1966–1975) – ke zploštění tělesa klenby (obr. 17), které má vliv na tvar i velikost celkových deformací poprsních zdí od vnějších zatěžovacích účinků a vlivů.

Na rozdíl od předpokladu, že betonová deska zachycuje rozpěrné tlaky od nekompaktních výplňových vrstev a zabraňuje vykláčení poprsních zdí – plní funkci táhla – působí samotná betonová deska zejména ve střední části mostních polí rozpěrným účinkem a přispívá k narušení poprsních zdí (obr. 17). Tento negativní účinek dvojí funkce – táhlo a rozpěra – kterou má betonová deska, je odstraněn ve variantě řešení s táhly, které, jak je patrné z obr. 18, přebírají pouze namáhání od rozpěrného účinku výplňových vrstev tělesa mostu (nulové osově síly v táhlech od účinku teploty jsou v souladu s primární deformací – viz obr. 17).



Obr. 18. Velikost osových sil v táhlech od účinku zatížení svislého, rozpěrných tlaků výplňových vrstev [1] a účinku rozdílné teploty povrchů kamenného zdiva [kN]

Poznámka: Jak bylo uvedeno v úvodu, pravděpodobně původní řešení opukové rovnániny vylučovalo rozpěrné tlaky na poprsní zdi. Projekt I. etapy opravy Karlova mostu (odp. projektant Ing. arch. T. Šantavý) v souladu s tím předpokládal dodatečné vytvoření

dilatační mezery (cca 50 mm) mezi rubovou stranou poprsních zdí a výplňovými vrstvami mostního tělesa (proříznutí spáry) tak, aby byl eliminován rozpěrný účinek výplně na poprsní zdi. Tato mezera měla současně napojením na nefunkční chrliče vytvořit provětrávací systém tělesa mostu (např. nasávání vzduchu otvory pro chrliče a výdech čtyřmi provětrávacími otvory \varnothing 180 mm v mostní klenbě, v nichž bylo současně umístěno odpadní potrubí \varnothing 120 mm) pro vytvoření příznivého vnitřního klimatu (eliminace současné trvale zvýšené vlhkosti mostního tělesa) jako základní prevence chemických a biochemických degradačních procesů znehodnocujících historickou kamennou mostní konstrukci.

4. Analýza vlivu změny tvaru základové spáry mostních pilířů

Časté porušení mostních pilířů a následné zřícení přilehlých mostních klenb při povodních bylo způsobeno především změnou tvaru základové spáry (podemletím, nakloněním, posunem, poklesem) původních mělce založených mostních pilířů. K nejčastějšímu narušení a zřícení některých polí Karlova mostu při povodních docházelo zejména v jeho střední části vystavené intenzivnímu proudění vzdušné vody a erozi základové spáry pat mostních pilířů, kterým jejich původní poměrně mělké založení pilířů na skříních [1] nebylo schopné delší dobu odolávat (povodně v letech 1432, 1496, 1784, 1890). K narušení kamenné klenbové mostní konstrukce docházelo podemletím základů mostních pilířů, jejich následným nakloněním a sednutím, provázeným narušením, a posléze zřícením přilehlých mostních klenb. 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 2002 odolal náporu více než stoleté vody.

Citace ze „Zprávy o rekonstrukci Karlova mostu“ z roku 1892

Při obou zbořených pilířích sluší zvláště podotknouti, že jsou mohutná, dosud souvislá jejich tělesa proti vodě nápadně sehnuta, čehož příčinou bylo patrně předcházející veliké podemletí – zejména při hořejších koncích obou těchto pilířů. ... Pojednou se rovina základů (pilíře šestého) lomila, zdivo vnikalo čím více k západnímu boku, tím více do hloubky, a v úrovni 181,75 čili 3,20 m pod normalem jevíly se nejvyšší polohy vázaného dříví, v němž 15. ledna 1892 zjištěn byl rošt, jenž pod celým pilířem se nerozprostíral, ba byl jen v části pod předním ohlavím u boku západního.

Rošt ten byl proto zajímavý, že byl šikmý pod pilířem umístěn, že dříví jeho pranic nebylo zčernalé, že pod ním pilot nebylo. Místo pilot podporován byl rošt na uzlech převážek kameny (a to dosti velikými), jimž se v okolí Prahy říká „žabák“ čili zelenokam (Diabas). Střední průměr balvanů měl rozměry ca 70–90 cm, takže kámen jeden na druhý dobře přiléhá.

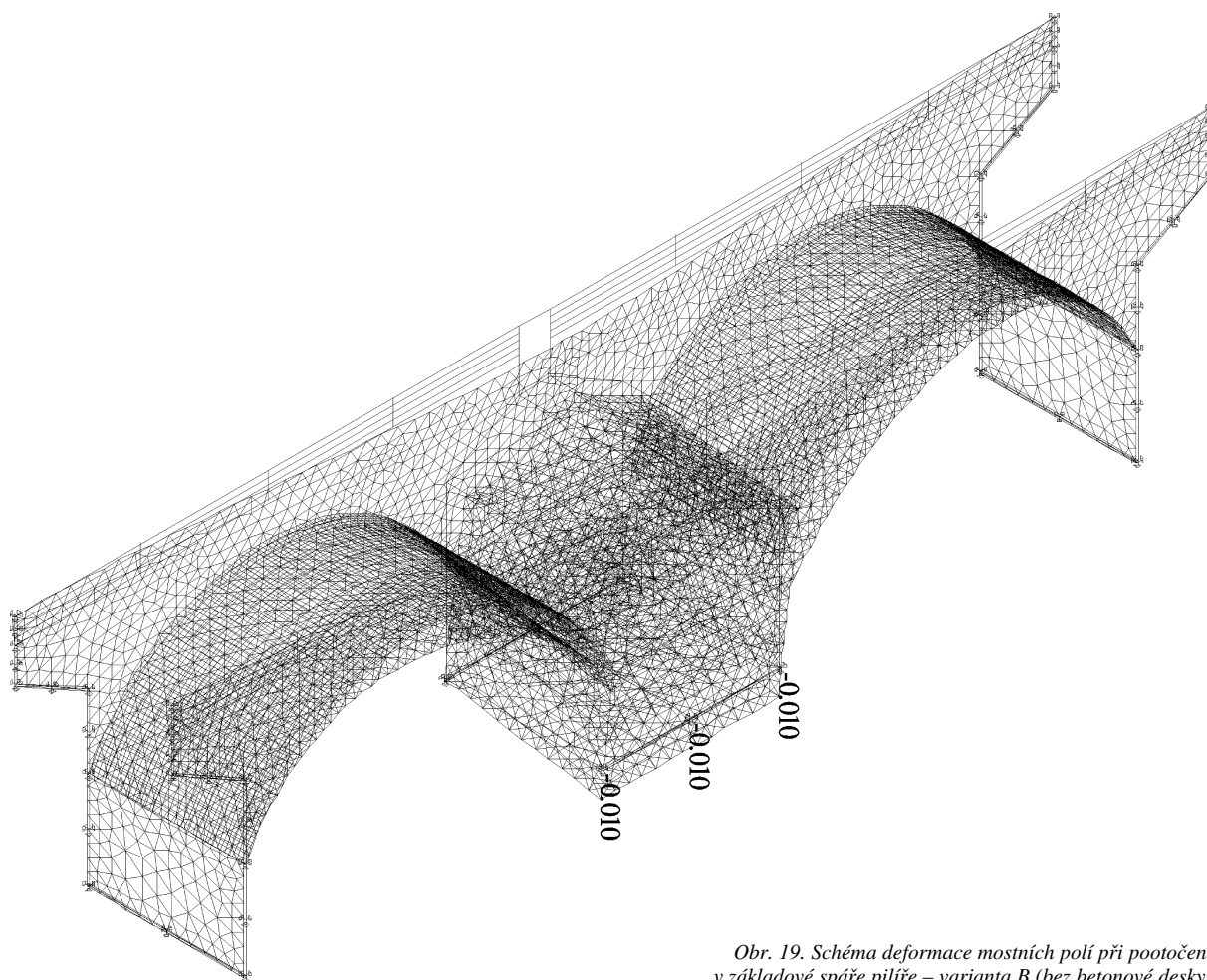
Po úplném odkrytí roštu 19. ledna byl zaměřen starý základ, jenž vykazuje při šikmé poloze spolu sklon v šikmém směru, tj. skoro kolmo k rovině ohlaví, což vyjádřeno zlomkem ca 1/9. Na pokraji, totiž pod západním bokem ohlaví horního, nalezeno bylo osmáct zlomených pilot (as 50 cm pod roštem) jako ustrážných a těmi byl, dle příslušných kusů s roštem souvislých, rošt původní na zevní straně podporován.

Všechny tyto okolnosti vedly mne k oprávněnému domnění, že pilíř ten, dříve než rošt pod něj vložen, byl porouchán, že se původní zdiv ohlaví utrhlo a spadlo do vody, a že rošt zmíněný byl se strany pod pilíř sesunut, kamením

podžbárován a jen v okrajích, kde bylo lze pilotovat, osazen na piloty. Jiné mínění ovšem není vyloučeno, ale uvedená hypotéza zdá se správnou již proto, že pod odstraněným roštem bylo pak ještě staré zdivo se zčernalou již maltou až do hloubky 4,61 m pod normalem. Toto zdivo bylo v konglomeratech nahodile navaleno, a tedy je to nepochybně útržek z pilíře původního. ... Chatrnost a nedostatečnost oprav u tohoto pilíře opravňují k tvrzení, že tento pilíř byl Achillovou patou mostu a že vyvolal katastrofu.

Pilíř ten pod nátlakem vody a pod vymletým spodkem základů sklesl ve směru osy pilíře a vykonal při tom pohyb k západu, šina se po šikmé ploše roštu ve směru ručiček hodin, jak to poloha pilíře a poloha roštu dokazovala.

Důkazem je skroucená botka, v těch místech nalezená a dále je pro tento rotační pohyb i dokladem překácená špuntovnice při západním boku zadního ohlavi, jež vrchem takřka násilně pod pilíř vmáčknuta, skloněna jsouc ke Starému městu.



Obr. 19. Schéma deformace mostních polí při pootočení v základové spáře pilíře – varianta B (bez betonové desky)

Následek toho bylo rozevření oblouku přilehlého na pilíř pátý se strany staroměstské, oblouk první padl a teprv nastal přetlak druhého oblouku se strany malostranské a ten vršek pilíře sebou utrhl.

Tak asi jeví se přirozený sled deformací, jež tu v krátké době demolovaly stavbu odvěkou. Že třetí sřícený oblouk u Malé strany byl poslední, je pak přirozeným následkem. A při té práci deformační přední ohlavi šestého pilíře bylo do měkkého a podrytého řečiště vmáčknuto.

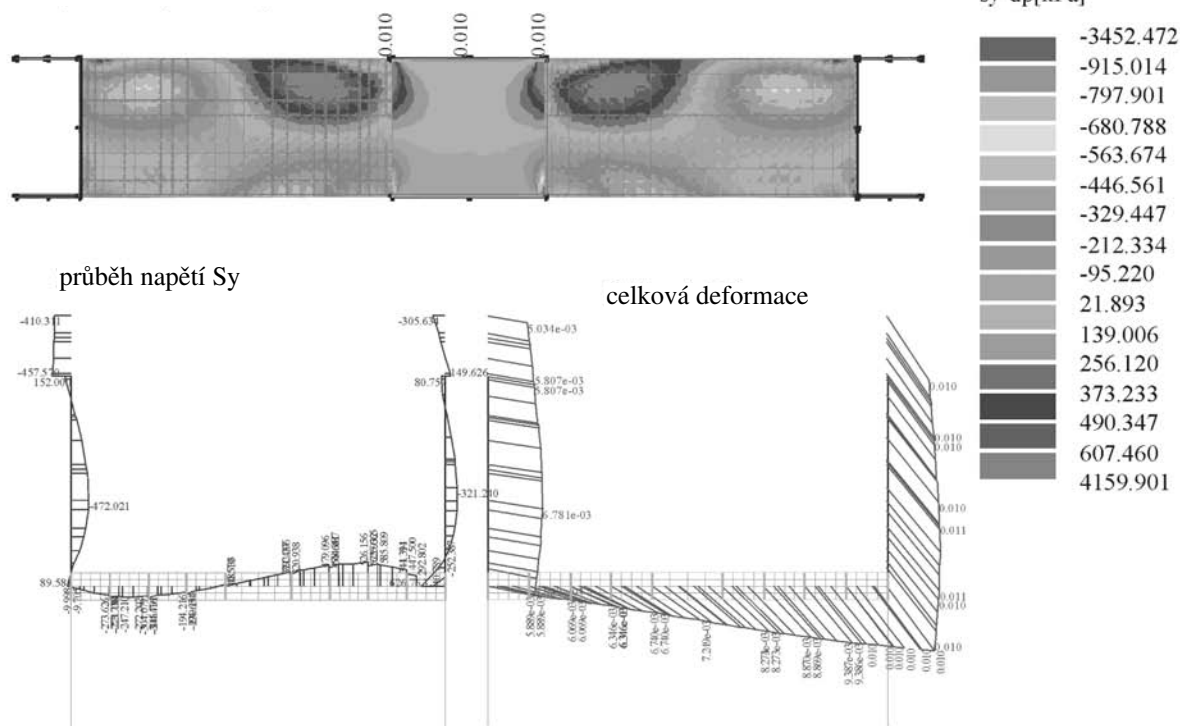
Zděné klenbové konstrukce jsou mimořádně citlivé na účinek vynuceného přetvoření způsobený poklesem,

posunem nebo pootočením podpůrné konstrukce. Proces porušování klenby je charakterizován stádiem, kdy se klenba postupně stává staticky určitou konstrukcí, nejčastěji se dvěma až čtyřmi klouby. Tento stav je provázen procesem charakteristickým z počátku vznikem tahových trhlin a otevíráním ložných spár a lokálním porušováním okolí průřezů, v nichž se vytvořily klouby, tj. v oblastech, kde tlaková výslednice vystupuje z jádra průřezu a dochází k výraznému nárůstu tlakových napětí přenášených průřezem klenby za vyloučeného tahu, až k postupnému, z počátku lokálnímu, a následně celkovému zřícení klenby. Proces porušení klenby je velmi složitý a zahrnuje dva významné mechanismy – tvarové změny lokální a celého klenbového systému a vlastní porušování zdiva klenby působením tahových a tlakových normálových napětí. Úplné porušení – **kolaps klenby** – je tudíž zpravidla výsledkem dvou souvisejících paralelních procesů. Je charakteristický vybočením klenby spolu s lokálním porušováním, po nichž nastává roz-

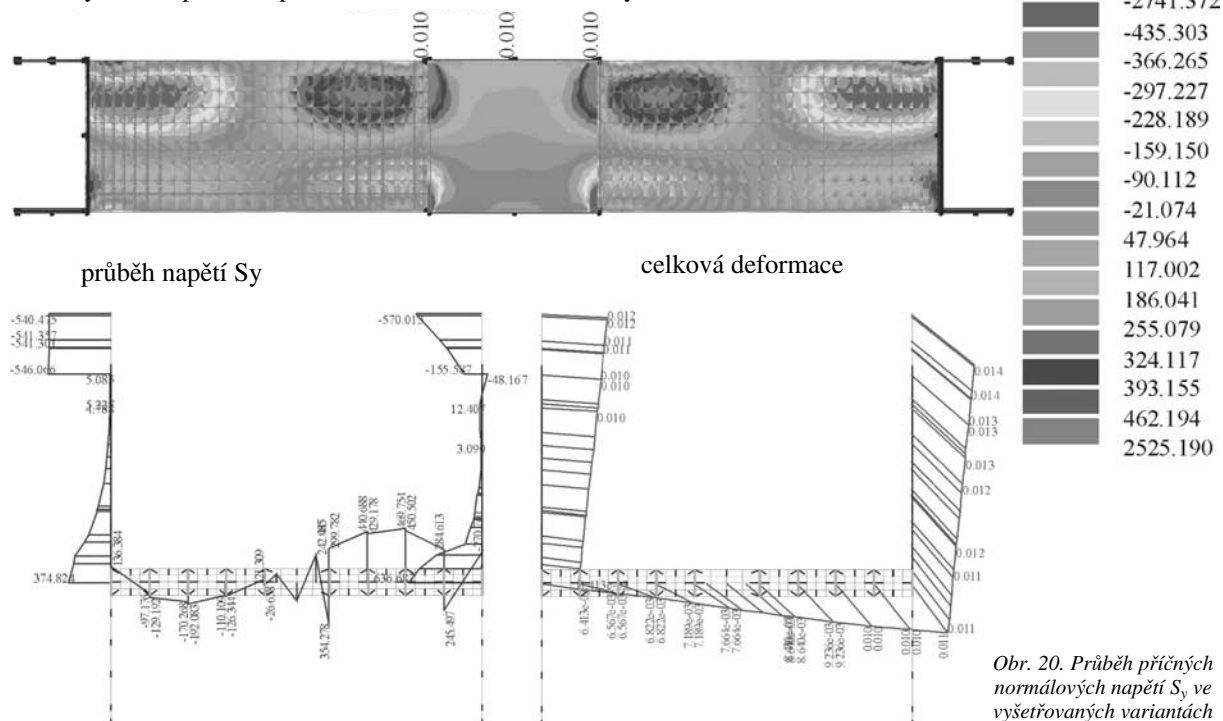
pad klenby. Oba procesy jsou současné a nelze je oddělit. Stav napjatosti v průběhu jejího zatěžování a porušování výstižně popisuje průběh tlakové čáry v jednotlivých stádiích působení klenbového systému.

Z uvedeného hlediska k základním předpokladům spolehlivého působení klenby patří zajištění neposuvnosti podpor ve vodorovném i svislém směru a polohy výslednice od působících zatížení, která musí ležet v jádru průřezu klenby. U masivních klenb s rezervou v únosnosti, převážně souměrně zatížených, lze v omezených úsecích klenby připustit na části vzdorujícího průřezu tah, tj. přenos namáhání za vyloučeného tahu ($t/4 \geq e > t/6$, kde t je tloušťka klenby),

Sy - dolní povrch - pootočení - varianta C, s deskou



Sy - dolní povrch - pootočení - varianta B, bez desky

Obr. 20. Průběh příčných normálních napětí S_y ve vyšetřovaných variantách

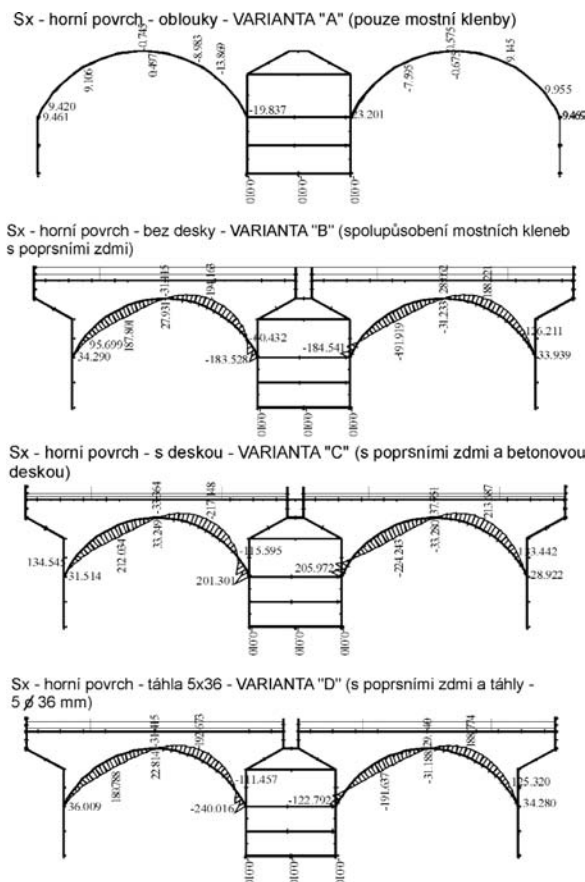
pokud zvýšená napětí v tlaku nepřekračují mezní únosnost zdiva v tlaku.

Provedené numerické analýzy vlivu změny tvaru základové spáry mostních pilířů Karlova mostu (počáteční odezva na účinek vynuceného přetvoření, pootočení v základové spáře, pokles v základové spáře a vodorovný posun v základové spáře) prokázaly mimořádnou závažnost tohoto zatěžovacího účinku a příčinu častého porušení mostu při po-

vodních.

Pootočení základové spáry mostního pilíře o úhel $\varphi = 0,06^\circ$ (pokles povodní hrany mostního pilíře o 10 mm, obr. 19) je provázeno vznikem příčných tahových napětí $+\sigma_y$ s extrémními hodnotami v částech mostní klenby přiléhajících k pokleslé hraně mostního pilíře (obr. 20) a vznikem podélných tahových normálních napětí $+\sigma_x$ (obr. 21) s extrémními hodnotami v okrajových oblastech

mostní klenby přiléhajících k pokleslé hraně mezilehlého mostního pilíře. V této části mostní klenby působí v celém průřezu tahové napětí $+\sigma_x$, jehož číselné hodnoty při uvážení reálných hodnot pootočení (poklesu) výrazně překračují nejen případnou adhezi v kontaktní spáře „malta-



Obr. 21. Porovnání hodnot normálových napětí S_x v charakteristickém řezu kamennou mostní konstrukcí pro varianty „A“ až „D“

kámen“, ale i pevnost v tahu pískovcových kamenných bloků. Na obrázku 22 je schematicky vyznačena oblast mostní klenby, kde v celém průřezu působí tahové normálové napětí $+\sigma_x$ a kde lze předpokládat úplnou dezintegraci a rozpad kamenného zdiva mostních kleneb.

Vznik tahových napětí v celém vzdorujícím průřezu kamenné klenby je provázen uvolněním kamenných bloků a jejich následným zřícením.

Z tabulky 8, kde jsou uvedeny ve vybraných průřezích klenby hodnoty normálových sil a ohybových momentů od účinků svislého zatížení a rozpěrného tlaku výplně mostního tělesa a od účinků pootočení v základové spáře mostního pilíře ($\varphi = 0,06^\circ$), je patrné výrazné překročení pevnosti kamenného zdiva v tlaku [1] N_{ii} (ČSN 73 1101, čl. 72, 73, 102) ve vyšetřovaných průřezích mostní klenby, popř. úplné vyloučení průřezů, v nichž působí tahové normálové napětí (ČSN 73 1101, čl. 88, první iterační odezva).

Hodnoty výstřednosti e_x tlakové síly viz tab. 8 (poměr $M_x : N_x$) přenášené průřezem klenby „prokazují“, že spolu s nesplněním výminky „bezpečné pevnosti“ není v některých průřezích klenby současně splněna výminka „rovnováhy vzhledem k pootočení“.

Z porovnání hodnot normálových napětí σ_x a σ_y , vypočtených pro varianty A až D, je patrné, že velikost normálových napětí v přilehlých mostních klenbách způ-

sobených účinkem pootočením základové spáry mostního pilíře je výrazně ovlivněna tuhostí vzdorujícího příčného průřezu mostu. Tato skutečnost je plně v souladu se vztahem mezi tuhostí a namáháním konstrukce zatížené nesilovými účinky (změna tvaru základové spáry, teplota, vlhkost). Velikost mechanického stavu napjatosti vzrůstá s tuhostí konstrukce, resp. jejich vazeb na okolní prostředí, které brání volnému průběhu deformace (přetvoření) od nesilového účinku. Pokud konstrukce není schopna přenést takto zvýšená namáhání (normálová a smyková), dochází k jejímu porušení. Kamenná mostní klenbová konstrukce je z tohoto hlediska mimořádně citlivá na tahová normálová a smyková napětí. Nárůst normálových napětí v tlaku v průřezích vzdorujících za vyloučeného tahu spolu s úplným vyloučením částí konstrukce, jejichž průřezy jsou v celém rozsahu namáhány tahem, předchází postupně ztrátě stability konstrukce až do jejího úplného zřícení.

Zatímco normálová napětí v kamenném zdivu mostní klenby σ_x a σ_y s poprsními zdi (varianta „B“) a s táhly (varianta „D“) jsou prakticky shodná, dochází v případě varianty „C“, tj. s poprsními zdi, k nimž je kloubově připojena betonová deska tl. 0,2 m, ke zvýšení napjatosti samotného kamenného zdiva klenby o 20 až 40 %. Nejmenší hodnoty normálových napětí σ_x a σ_y v kamenném zdivu klenby jsou ve variantě „A“, tj. za vyloučeného spolupůsobení mostní klenby a poprsních zdí (obr. 21, obr. 23)

Normálová napětí σ_x a σ_y v kamenném zdivu klenby v případě mostní klenby spolupůsobící s poprsními zdi spráženými kloubově připojenou betonovou deskou (varianta „C“) v porovnání s případem, kdy účinku pootočení v základové spáře vzdorují pouze mostní klenby (varianta „A“), dosahují několikanásobně vyšších hodnot.

Numerická analýza, jejímž předmětem bylo zjištění první odezvy mostní konstrukce na účinek pootočení mostního pilíře (pokles povodní hrany pilíře o 10 mm), prokázala reálný vznik normálových napětí σ_x a σ_y (v tomto stadiu), která překračují v některých částech pevnost kamenného zdiva mostních kleneb v tlaku a v tahu předcházejících rozsáhlému porušení klenbové mostní konstrukce a jejímu následnému zřícení. Betonová deska kloubově připojená k poprsním zdem, jak prokázala tato analýza, jejímž účinkem dochází k celkovému nárůstu namáhání klenbové konstrukce účinkem změny tvaru základové spáry, proces narušení a následného zřícení přilehlých mostních polí urychlí. V následujících stádiích, která předcházejí kolapsu mostní konstrukce, dochází k výrazné redistribuci namáhání charakteristické porušováním průřezů namáhaných tahem a průřezů, v nichž je překročena pevnost kamenného zdiva v tlaku. Výrazně nízká tažnost (duktilita) zdiva a poměrně rozsáhlé oblasti mostní klenby s výskytem tahových napětí v celém průřezu, popř. s extrémním namáháním v tlaku, urychlí celkový proces kolapsu mostní klenby.

Z uvedeného hlediska lze konstatovat, že betonová deska spráhující poprsní zdi snižuje odolnost a bezpečnost kamenné konstrukce Karlova mostu vzhledem k možnému podemletí základů mostních pilířů při zvýšeném průtoku vody zejména při povodních.

Rozdílnost a heterogenost skladby výplně mostního tělesa z hlediska mocnosti a fyzikálně mechanických vlastností materiálů neumožňuje, spolu s heterogenitou kamenného zdiva, definovat jednoznačný výpočtový model mostní konstrukce. Provedené porovnávací analýzy jsou však dostatečně objektivním podkladem pro formulování základní koncepce opravy Karlova mostu. Z uvedeného hlediska prokazují správnost koncepce navržené I. etapy opravy Karlova mostu.

Tab. 8. Normálové síly [kN] a ohybové momenty M_x [kNm] od účinku svislého zatížení a rozpěrného účinku výplně tělesa mostu a od účinku pootočení v základové spáře mostního pilíře ($\varphi = 0,06^\circ$, pokles hrany pilíře o 10 mm)

Místo	Bod	Varianta s deskou				Varianta bez desky			
		N_x	M_x	$N_{\dot{u}}$	$N_{\dot{u}}/N_x$	N_x	M_x	$N_{\dot{u}}$	$N_{\dot{u}}/N_x$
pata	1	-2 968	-28	1 378	0,464	-2 278	-43	1 351	0,593
		-993	-12	1 372	1,382	-992	-12	1 372	1,383
	2	-469	-185	17 ¹⁾	0,092 ¹⁾	-429	187	2,7 ¹⁾	0,014 ¹⁾
		14	-3	- ²⁾	- ²⁾	8	-3	- ²⁾	- ²⁾
	3	-1 316	-60	1 280	0,973	-1 422	-17	-1 372	0,965
		407	-32	- ²⁾	- ²⁾	440	-32	- ²⁾	- ²⁾
4	-2 194	23	595	0,271	-2 064	55	567	0,275	
	-1 084	6	0,605	0,558	-1 050	-32	563	0,536	
5	-680	12	580	0,853	-714	15	579	0,811	
	-30	35	2,7 ¹⁾	0,077 ¹⁾	-18	33	2,7 ¹⁾	0,150 ¹⁾	
6	-527	46	535	1,015	-369	21	522	1,415	
	341	22	- ²⁾	- ²⁾	370	45	- ²⁾	- ²⁾	
vrchol klenby	7	70	-32	- ²⁾	- ²⁾	0	-48,5	2,7 ¹⁾	0,056 ¹⁾
		-61	-5	488	8	-72	-16	366	5,08
	8	-732	-48	510	0,697	-799	-44	525	0,657
		0	0	-	-	0	0	-	-
	9	181	-31	- ²⁾	- ²⁾	80	-48	- ²⁾	- ²⁾
		45	5	- ²⁾	- ²⁾	0	2	2,7 ¹⁾	1,35 ¹⁾
10	487	-26	- ²⁾	- ²⁾	369	-5	- ²⁾	- ²⁾	
	1 298	-30	- ²⁾	- ²⁾	1 270	-33	- ²⁾	- ²⁾	
11	-723	-45	514	0,711	-872	-30	556	0,637	
	70	-39	- ²⁾	- ²⁾	63	-33	- ²⁾	- ²⁾	
12	-1 409	41	564	0,4	-1 432	49	556	0,388	
	-667	-12	582	0,872	-630	-15	572	0,908	
pata u pootočení	13	-23	29	2,7 ¹⁾	0,093 ¹⁾	-80	41	2,7 ¹⁾	0,067 ¹⁾
		1 167	-40	- ²⁾	- ²⁾	1 160	4	- ²⁾	- ²⁾
	14	-880	-115	1 093	1,242	-871	-89	1 148	1,318
43		-58	- ²⁾	- ²⁾	42	-42	- ²⁾	- ²⁾	
15	-2 027	81	1 294	0,638	-1 892	37	1 349	0,713	
	-854	21	1,334	1,562	-780	18	1 340	1,718	

Legenda:

¹⁾ hodnoty výpočtové únosnosti $M_{\dot{u}}$ podle ČSN 73 1101, čl. 87 a poměr $M_{\dot{u}}/M_x$

²⁾ v převážné části průřezu tahové napětí (tah v rovné spáře, ČSN 73 1101, čl. 88)

- $N_{\dot{u}}$ výpočtová únosnost průřezu podle ČSN 73 1101, čl. 72, 73, 102

- hodnoty uvedené ležatě jsou od účinku pootočení v základové spáře

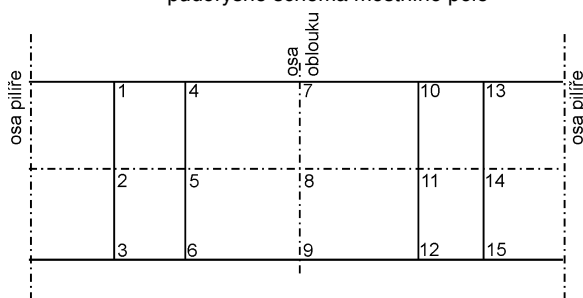
- $N_{\dot{u}}/N_x < 1$ průřez nevyhovuje

- výpočtová pevnost kamenného zdiva v dostředném a mimostředném tlaku ($R_{ms,d} = 1,75$ MPa, $R_d = 1,56$ MPa [1])

Shrnutí

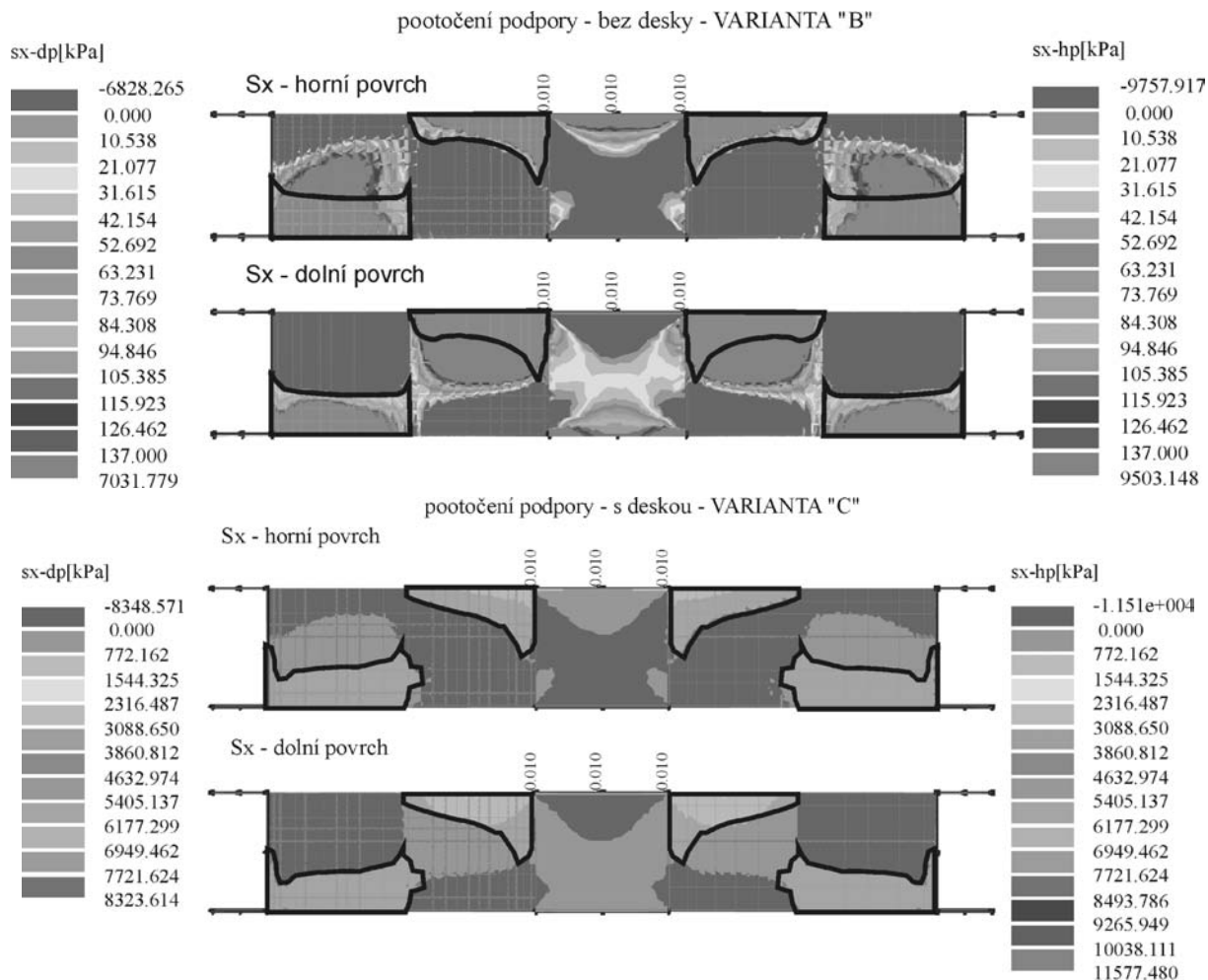
Provedené numerické analýzy prokazují mimořádnou citlivost kamenné mostní konstrukce vzhledem k účinkům vynuceného přetvoření (teplota, vlhkost, změna tvaru základové spáry) a současně převažující negativní vliv rozpěrného účinku betonové desky v tělese mostu z hlediska jeho napjatosti a následného narušování. Nedostatečné zakotvení desky do poprsních zdí, jak prokazují provedené sondy, ve svých důsledcích snižuje relativně pozitivní účinek betonové desky jako táhla, zachovává však nežádoucí a negativní účinek betonové desky jako rozpěry poprsních zdí. **Základním opatřením zajišťujícím odolnost a stabilitu mostu při povodních je zabezpečení dosud mělce založených mostních pilířů č. 4, 7 a č. 8 a**

půdorysné schéma mostního pole

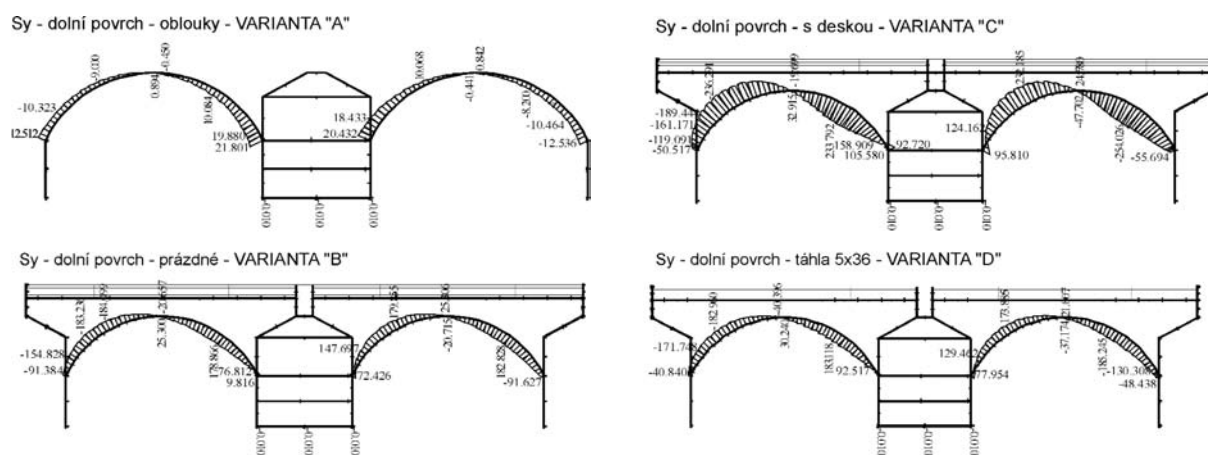


kesonových základů pilířů č. 5 a č. 6 spolu s odpovídající úpravou říčního dna v okolí mostních pilířů. Představa o zvýšení stability mostu betonovou deskou vzhledem k účinkům způsobených povodní je hrubě nesprávná. Betonová deska a další úpravy, jejichž kvalitu a provedení nelze jednoduše definovat, prokazatelně přispívají k postupnému narušování historické kamenné mostní konstrukce. Provedené úpravy nežádoucím způsobem zvyšují tuhost, a tím současně napjatost kamenné mostní konstrukce vystavené trvale probíhajícím a cyklickým procesům, které postupně degradují její mechanickou odolnost.

Doporučuje se dokončit podrobný průzkum zdiva a základů mostních pilířů č. 0 až č. 10 a provést základní bezodkladná sanační opatření základů mostních pilířů č. 3, 4 a 7



Obr. 22. Oblasti výskytu tahových normálových napětí $+\sigma_x$ působících v celém průřezu klenby (tlustě zvýrazněny oblasti tahových napětí působících v celém průřezu) první iterace – odezva konstrukce



Obr. 23. Porovnání hodnot normálových napětí S_y v charakteristickém řezu kamennou mostní konstrukcí pro varianty „A“ až „D“

(sanace kesonových věnců), č. 8 (betonový věnec) a č. 9 (původní mělké založení).

Současná úroveň znalostí umožňuje přistoupit k přípravě a následnému zahájení realizace I. etapy opravy Karlova mostu v roce 2004 (podle aktualizovaného projektu z roku 1967) a současně přistoupit k přípravě zadání II. etapy opravy Karlova mostu zahrnující konečnou fázi sanace základového zdiva a základů pilířů v korytě řeky a využívající pro návrh opravy mostních polí zkušeností získaných z realizace I. etapy (ukončené v roce 2004).

Poznámka: V některém z následujících čísel časopisu Stavební obzor budou publikovány výsledky analýzy při celkovém poklesu a při posunutí základové spáry.

Tento příspěvek byl vypracován za podpory grantového 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. – Pospíšil, P. – Gregerová, M. – Hruška, A. – Zígler, R. – Čejka, T. – Cikrle, P. – Wasserbauer, R.: Karlův most – hodnocení stavebně technického stavu. *Stavební obzor*, 11, 2002. č. 8, s. 225–249.
- [2] Witzany, J.: Stavebně technický stav a rekonstrukce Karlova mostu. *Časopis ČKAIT*, 1997.
- [3] Witzany, J. – Mencl, V. – Hošek, J. – Pospíšil, J. – Gregerová, M. – Wasserbauer, R. – Hruška, A. – Locker, J. a kol.: Odborné stanovisko k opravě a rekonstrukci Karlova mostu. ČVUT – Fakulta stavební, VUT – Fakulta stavební, Masarykova univerzita Brno, Kloknerův ústav ČVUT, Praha, únor 1994.
- [4] Witzany, J. a kol.: Hodnocení současného stavu a oprava Karlova mostu – 1. etapa. *Časopis Projekt*, 2002, č. 2, s. 21–29.
- [5] Witzany, J. – Hruška, A. – Křížek, J. – Šantavý, T. – Wasserbauer, R. – Gregerová, M. – Pospíšil, P. – Čejka, T. – Svoboda, Z. – Cikrle, P.: Projekt opravy Karlova mostu – 1. etapa – diskuse. *Časopis Projekt* 2002, č. 3, s. 27–35.
- [6] 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, J. Witzany – ved. úkolu, Praha 2000.
- [7] Zpráva o rekonstrukci Karlova mostu z roku 1892.
- [8] Stavební geologie – Geotechnika, a.s.: Dokumentace kopaných sond v mostovce Karlova mostu – 13 s.+fotodokumentace. Praha, září 2002.
- [9] Grant 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“. ČVUT Fakulta stavební, J. Witzany – ved. úkolu, Praha 2002.
- [10] Záchraná potápěčská služba ČR – Podvodní průzkum dna a stavu podpěr po povodni v srpnu roku 2002. Praha, září 2002.
- [11] AQIS – Potápěčský průzkum podvodní části pilířů pražských vltavských mostů. Praha, květen 2003.
- [12] DHI – Hydroinform, a. s.: Dílčí výsledky dvourozměrné simulace proudění vody ve Vltavě. Praha, 1997.

Witzany, J. – Čejka, T. – Zemánek, J.: Chemical and Biochemical Degradation of Charles Bridge, Analysis of Resistance and Safety of the Stone Bridge Structure in Floods, Exploration of Footing Masonry and Pier Footings

Chemical analyses have proven constant presence of water-soluble salts non-uniformly distributed in stone masonry and filler layers of the bridge structure. The high salinity of the bridge comes from earlier bridge treatment with halite, later carbamide, and biotite or non-biotite transformation of atmospheric oxides of sulphur and nitrogen into aggressive salts. Spreading salts and atmospheric pollutants leads to minor expansion joints and microcracks origination in sandstone. Due to the occurrence of ettringite, thaumasite and gypsum, porosity in the concrete slab increases. The results of chemical analyses from two dug holes (2002) fully comply with the outcomes of the preceding analyses. The bottom investigation in the vicinity of the bridge piers after the flood of August 2002 proved erosion effects of the increased water discharge during the flood with streamlines typically deflected from the longitudinal axis of the piers, causing side scouring and damaging of the foundation bed, particularly of piers 7 and 8. The numerical analysis of characteristic alternatives of calculation models of the bridge structure showed a negative spacing impact of the concrete slab. The nature of the entire deformation of the bridge spans from the effects of the vertical and temperature load shows a prevailing tendency of the breast walls deformation in direction toward the inside of the bridge. During this

deformation, adverse spacing effects of the concrete slab occur. The numerical analysis of the response of the stone bridge structure to the effect of the bridge pier rotation proved origination of the state of stress causing severe damage to the arch bridge structure which might be followed by its total destruction. The analysis showed that the concrete slab raises the entire state of stress in all its components, thus decreasing the resistance and safety of the stone bridge structure of Charles Bridge during floods.

Witzany, J. – Čejka, T. – Zemánek, J.: Die chemische und biochemische Zersetzung der Karlsbrücke, Analyse der Widerstandsfähigkeit und Sicherheit der steinernen Brückenkonstruktion bei Hochwasser, Untersuchung des Fundamentmauerwerks und der Fundamente der Brückenpfeiler

Chemische Analysen haben das ständige Vorhandensein wasserlöslicher Salze nachgewiesen, die ungleichmäßig im Natursteinmauerwerk und in den Füllschichten der Brückenkonstruktion enthalten sind. Die hochgradige Versalzung der Brücke hängt mit der früheren Behandlung der Brücke mit Halit, nachfolgend mit Karbamid und mit der biotischen bzw. abiotischen Umwandlung atmosphärischer Schwefel- und Stickoxyde zu aggressiven Salzen zusammen. Streusalze und atmosphärische Pollutanten sind die Ursache für die Bildung kleiner Dehnungsfugen und Haarrisse im Sandsteinmaterial. In der Betonplatte kommt es bei Vorhandensein von Ettringit, Thaumasit und Gipsstein zu einer Vergrößerung des Porengehalts. Die Ergebnisse chemischer Analysen aus beiden niedergebrachten Sonden (2002) korrespondieren voll mit den Ergebnissen vorausgegangener Analysen. Eine Untersuchung des Grundes in der Umgebung der Brückenpfeiler nach dem Hochwasser vom August 2002 hat bei Hochwasser bereits die Erosionswirkung des erhöhten Wasserdurchflusses erwiesen, die insbesondere durch von der Längsachse der Pfeiler schräg abgelenkte Strömungslinien charakterisiert ist, was eine seitliche Auswaschung und Störung des Fundamentuntergrundes der Brückenpfeiler Nr. 7 und 8 bewirkt. Eine numerische Analyse charakteristischer Varianten von Berechnungsmodellen der Brückenkonstruktion hat die negative Spreizwirkung der Betonplatte nachgewiesen. Der Charakter der Gesamtverformung der einzelnen Brückenfelder aufgrund der Wirkung der senkrechten Belastung und der thermischen Belastung hat eine überwiegende Tendenz zur Verformung der Brüstungsmauern in Richtung zum Brückeninnern, wobei es zu einer unerwünschten Spreizwirkung der Betonplatte kommt. Eine numerische Analyse der Reaktion der steinernen Brückenkonstruktion auf die Wirkung der Verdrehung des Brückenpfeilers hat die Entstehung eines Spannungszustands erwiesen, der eine weitreichende Störung der Brückengewölbekonstruktion bewirkt, die deren völliger Zerstörung vorausgeht. Die Analyse hat erwiesen, dass die Betonplatte die Gesamtspannung in allen ihren Komponenten vergrößert und damit die Widerstandsfähigkeit und Sicherheit der steinernen Konstruktion der Karlsbrücke bei Hochwasser verringert.

Laboratorní dešťový simulátor pro stanovení erodovatelnosti půdy

Ing. Pavla PAŘÍKOVÁ, PhD.
Ing. Jarmila KOLÁČKOVÁ
ČVUT – Fakulta stavební
Praha

Katedra hydromeliorací a krajinného inženýrství se zabývá zjišťováním ohroženosti krajiny vodní erozí. Vstupní data pro kalibraci a používání matematických simulacních modelů jsou zjišťována i laboratorním dešťovým simulátorem, přístrojem, který opakovaně simuluje dešť se stejným účinkem na půdu jako dešť přirozený.

Erozní ohroženost

Katedra hydromeliorací a krajinného inženýrství (KHMKI) Fakulty stavební ČVUT se v oblasti výzkumu mimo jiné zabývá hodnocením ohrožení krajiny vodní erozí a predikcí opatření, jak půdní erozi omezit na únosnou míru. Jde například o ověřování a aplikaci matematických simulacních modelů EROSION 3D, RUSLE, SMODERP, WEPP, AGNPS a dalších, vytváření mapy erozní ohroženosti kombinací empirických metod univerzální rovnice ztráty půdy (USLE) a poměru odnosu (SDR) s nástroji grafického informačního systému (GIS).

Eroze jako jeden ze základních činitelů dynamiky krajiny je přírodní proces, který nastává působením vody, větru, ledu, popř. dalších činitelů, na půdní povrch a existují záznamy o tom, že provází vývoj reliéfu již více než 7 000 let [1]. Vlivem těchto erozních procesů dochází k rozrušování povrchu půdy a následnému přenosu půdních částic. Za hranici mezi přirozenou (normální) a ohrožující (zrychlenou) erozí je logicky považována hodnota, při níž ztráta půdy stačí být nahrazena přirozenou tvorbou půdy nové, nedochází k transportu chemických látek způsobujících znečištění vodních zdrojů nad povolenou mez či k nežádoucímu zanášení nádrží, vodních toků a kanálů. Pokud však erozní proces zrychlený člověkem překročí tuto míru, má za následek porušení rovnováhy v krajině.

Závažným problémem je zejména situace zemědělsky využívaných půd. Vodní eroze reprezentovaná kinetickou energií dopadajících dešťových kapek a následnou silou povrchového odtoku ohrožuje zejména plochy nedostatečně chráněné vegetací v průběhu roku. Důsledkem toho je každoroční celosvětový úbytek tisíců kilometrů čtverečních půdy. Transformace zemědělství, probíhající v České republice od počátku devadesátých let, nepřinesla v oblasti erozního ohrožení těchto půd zatím výraznější zlepšení, neboť transformovaná družstva a nově vzniklé zemědělské subjekty dále hospodáří na velkých celcích [1]. Možnosti zlepšení nabízejí projekty komplexních pozemkových úprav, ve kterých je řešena protierozní ochrana pozemků jako nedělitelná součást.

Výzkum eroze půdy a erozního ohrožení naráží na těžkosti především proto, že jde o jev přerušovaný, a proto se zkoumají převážně pouze důsledky eroze. Poměrně nejpřesněji je možné zjišťovat intenzitu a průběh vodní ero-

ze na přesně vymezených svažitých odtokových plochách zachycováním povrchově odtékající vody a smyté zeminy. Nevýhodou této metody, tj. dlouhou dobu sledování průběhu eroze na odtokových parcelkách, odstraňuje umělé zadržování. Dešťové simulátory je však možné, přes řadu výhod, používat jen na omezené ploše, a nemohou tedy zcela nahradit erozní působení přirozených srážek a sněhu.

V posledních letech se intenzivně rozvíjejí zejména metody výzkumu eroze s využitím laboratorních dešťových simulátorů a řada univerzit tato zařízení vlastní. V České republice se výzkumem na dešťových simulátorech zabývali zejména Janeček [2], Kapsrzak [3] a Matula [4]. Potřeba přístroje moderní konstrukce vedla pracovníky Katedry hydromeliorací a krajinného inženýrství Fakulty stavební ČVUT v Praze k vývoji laboratorního tryskového dešťového simulátoru (dále jen DS KHMKI). Cílem výzkumu na tomto zařízení je podrobné zjišťování vlivu různých faktorů na vznik a průběh povrchového odtoku, infiltraci a smyv půdních částic, dále získávání informací o vlastnostech půd ovlivňujících erozi jako vstupních dat pro simulacní modely erozních procesů a vyhodnocování vlivu protierozních opatření.

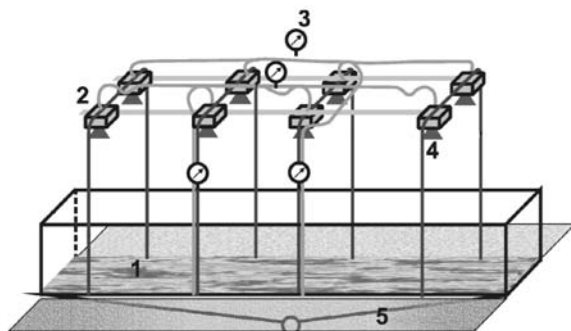
Vzorovým zařízením se stal laboratorní dešťový simulátor, který se využívá v hydraulické laboratoři Universität für Bodenkultur ve Vídni (BOKU). Obě pracoviště na vývoji a zdokonalování erozních simulacních modelů spolupracují a předpokládá se, že DS KHMKI bude poskytovat kompatibilní výsledky právě s tímto zařízením.

Funkce zařízení

Laboratorní dešťový simulátor tryskového typu, tzv. Norton Ladder Rainfall Simulator (podle Dr. Darrella Nortona z USDA, Agricultural Research Service, National Soil Erosion Research Laboratory, West Lafayette, USA), používá k tvorbě dešťových kapek speciální trysky, přičemž intenzita a kinetická energie simulovaného deště se reguluje změnou tlaku a rychlosti kyvu rozdělovacího sekčního potrubí s tryskami. Konstrukčním prvkem tohoto zařízení, který je rozhodující pro simulaci deště s parametry odpovídajícími přirozenému dešti, jsou trysky VeeJet H3/8u-80100 (fy Spraying System). Produkují kapky ve spektru přirozeného deště (průměrná velikost kapky 2,3 mm), mají pracovní tlak 41 kPa a pádovou výšku kapek na povrch vzorku 2,43 m udanou výrobcem tak, aby splňovaly parametry přirozeného deště. Simulátor je umístěn ve vodohospodářské laboratoři na konstrukci hydraulického sklopného žlabu, v němž je umístěn i erozní kontejner s půdním vzorkem. Půdorys vzorku je omezen rozměrem dna žlabu 1,3 x 8,0 m. Plocha erozního kontejneru 0,9 x 4,0 m, odvozená od rovnoměrného zadržování, je vhodná pro simulaci nejen mezirýžkové, ale i rýžkové erodovatelnosti. Výhodou žlabu je možnost sklonu sledované plochy až 8° (14 %), což je hodnota odpovídající nejvyššímu možnému výskytu orných půd na svažitých pozemcích v ČR.

Technický popis

Konstrukci simulátoru (*obr. 1*) tvoří dvě paralelní sekce dlouhé 5 m, z nichž každá je osazena čtyřmi tryskami ve vzdálenostech 1,37 m. Každá sekce vykonává samostatně kývavý pohyb podél horizontální osy, což umožňuje cyklické zadešťování zkoumaného povrchu půdy. Trysky jsou z důvodu požadované kinetické energie vytvořených kapek umístěny ve výšce 2,43 m nad povrchem půdního vzorku. Rozteč sekcí je 0,8 m s možností úpravy pro dosažení požadované intenzity a rovnoměrného pokrytí zadešťovaného povrchu. Laboratorní simulátor deště tvoří mechanická, hydraulická a řídicí soustava [5].

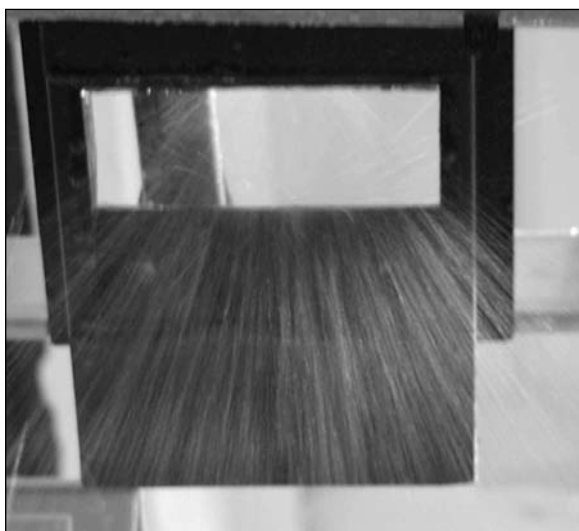


Obr. 1. Schéma dešťového simulátoru KHMKI

1 – testovaný povrch půdního vzorku, 2 – trysky na společné sekci, 3 – tlakoměry, 4 – nosná konstrukce simulátoru, 5 – sklápěcí hydraulický žlab

Mechanickou soustavu tvoří dva motory s převodovkou o výkonu 120 W, střídavého napětí 220 V (SIEMENS SPD 4APC 63-4s, $i = 1/14$), které slouží jako pohon pro obě sekce, umístěné v horní části konstrukce simulátoru. Další mechanické součásti – elektromagnetická spojka, řetězové a vačkové převody – umožňují převedení rotačního pohybu z motoru na kývavý pohyb rozdělovacího potrubí s tryskami.

K hlavním částem hydraulické soustavy patří trysky, dále stabilizátory paprsku, které zajišťují rovnoměrný postřik plochy, a čerpadlo pro zajištění konstantního tlaku vody na tryskách. Vodní paprsek je plochý, rovnoběžný s podélnou osou simulátoru (*obr. 2*). Průtok mosaznými tryskami je



Obr. 2. Plochý vodní paprsek z trysky

udáván výrobcem $0,06 \div 790 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$, pracovní tlak $0,3 \div 35 \text{ kPa}$, úhel postřiku $15 \div 110^\circ$. Přívod a rozvod vody

k tryskám je zajištěn hadicemi a plastovým potrubím. K postřiku se využívá čistá voda z vodovodního řadu, její nevyužitá část se odvádí zpět do zásobní nádrže, odkud je čerpadlem vrácena do okruhu. Na tryskách je čerpadlem udržován konstantní tlak 0,41 kPa, který kontrolují zabudované manometry. Voda dopadající mimo povrch půdy se v sedimentační nádrži zbavuje nečistot, a poté se pouští zpět do okruhu, který zásobuje vodou celý objekt vodohospodářských laboratoří.

Požadované intenzity simulované srážky se dosahuje nastavením počtu kyvů trysek za minutu prostřednictvím řídicí soustavy – řídicím počítačem. Počítač v nastavených intervalech spíná elektromagnetickou spojku jednotlivých sekcí. Komunikaci počítače se simulátorem zajišťuje vnitřní měřicí karta ADC 1216D a k tomuto účelu vyvinutý řídicí software. Tato karta bude v budoucnosti sloužit rovněž pro periferní měřicí zařízení (elektrody pro měření pH, redox potenciálu, teploty apod.).

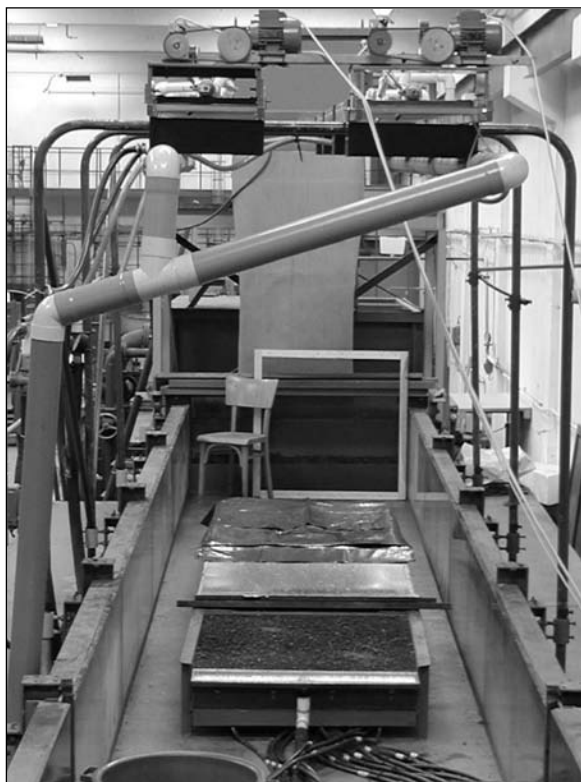
Průběh experimentů

Na interní grant ČVUT [8], v jehož rámci bylo zařízení konstruováno, chronologicky navázalo zpracování experimentální části dizertační práce [7]. Jejím cílem bylo optimalizovat nastavení vstupních parametrů, ověřit provoz dešťového simulátoru a rovnoměrnost postřiku plochy budoucího vzorku. Druhou částí pak byla kalibrace závislosti počtu kyvů sekcí s tryskami na intenzitě simulovaného deště jako podklad pro erozní experimenty a návrh konstrukce erozního kontejneru a předběžné metodiky výzkumu erozních procesů. Získání grantu [9] umožnilo výrobu a prověření vhodnosti navrženého erozního kontejneru. Souborem patnácti měření byl ověřen návrh předběžné metodiky vedení erozních experimentů. Účastí na měření Výzkumného ústavu ochrany a meliorace půd, kde probíhal experiment na terénním dešťovém simulátoru, a studijním pobytem jedné ze spoluautorek článku na BOKU Vídeň získal řešitelský kolektiv první praktické zkušenosti.

Experimenty probíhaly na dvou půdních vzorcích o rozměrech 0,9 x 1,0 m a 0,9 x 4,0 m, umístěných v erozním kontejneru ve sklápěcí hydraulický žlabu. Porušený vzorek jílovito-hlinité zeminy pocházel z deponie ornice v blízkosti Horoměřic a zrnitostním složením vhodně odpovídal náhynosti k erozním jevům. Vzorek byl v souladu s metodikou umístěn do erozního kontejneru ve skladbě: síťový filtr nad infiltračním otvorem, vrstva písku tl. 5 cm zrnitosti max. 2 mm jako simulace půdního profilu pro infiltraci vody, látkový síťový filtr, vrstva zeminy tl. 15 cm prosetá sítem s oky $\varnothing 2 \text{ cm}$.

Konsolidace porušeného vzorku na objemovou hmotnost adekvátní terénním podmínkám 120 kg/m^3 se prováděla opakovaným napouštěním vzorku vodou přes infiltrační otvory ve dně kontejneru na principu spojených nádob až do úrovně povrchu zeminy. Cílové objemové hmotnosti bylo dosahováno po pětinašobném zaplavení, přičemž zaplavení se stříдалo s okamžitým vypouštěním a týdenním prosycháním půdního profilu. Objemová hmotnost byla kontrolována odběrem Kopeckého válečků [6].

Po ověření metodiky konsolidace půdního vzorku byly zahájeny první aplikace simulovaných dešťů, při kterých se v intervalech 1 až 5 minut sledovalo množství povrchového odtoku, smytých půdních částic a množství infiltrované vody. Dalšími zjišťovanými hodnotami byla vlhkost půdy na začátku a na konci experimentu a objemová hmotnost půdy. Nastavovanými parametry simulovaného deště byly intenzita deště, doba trvání srážky a sklon svahu. Pro celou sadu



Obr. 3. Dešťový simulátor KHMKI s erozním kontejnerem 0,9 x 1 m

experimentů byly postupně vytvořeny dva konsolidované vzorky zeminy (obr. 3), intenzita simulovaného deště byla 40, 50 a 60 mm/h, sklon půdního vzorku 2, 4, 6 a 8° (obr. 4) a délka deště 30 až 60 minut.

Aktuálním postupem ve výzkumu je vytváření metodiky zpracování množství naměřených údajů a zavedení metod třídění a vyhodnocování získaných dat tak, aby bylo možné výsledky vhodně interpretovat.

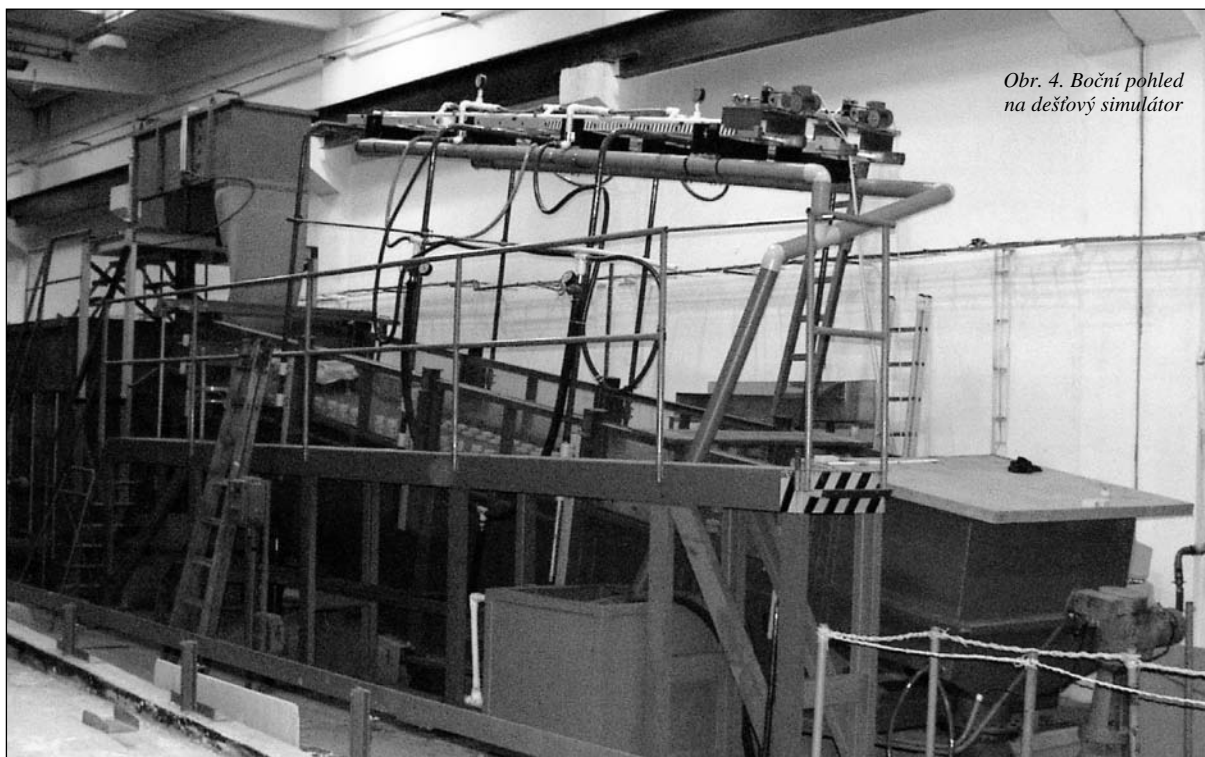
Výsledky

Hodnoty povrchového odtoku, infiltrace a smyvu půdních částic jsou ovlivňovány mnoha faktory, např. půdními charakteristikami (fyzikálními a chemickými vlastnostmi vyplývajícími z typu zeminy, vlhkostí půdy na začátku experimentu, objemovou hmotností, stavem povrchu – nakypřený nebo půdní krusta), dešťovými charakteristikami (intenzitou a délkou deště), nebo sklonovými poměry (sklonem nebo délkou svahu).

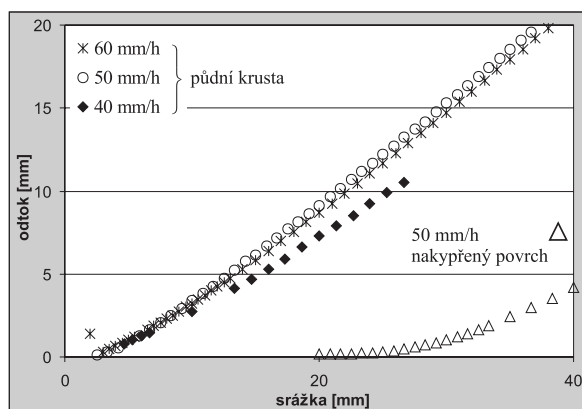
Pro zachycení vlivu vybraného půdního, dešťového nebo svahového faktoru na naměřené hodnoty je nutné data vhodně zpracovat, přičemž postižení různých faktorů vyžaduje odlišný způsob úpravy výsledků.

• Pro porovnání simulací se stejným sklonem, ale různou intenzitou deště, se hodí způsob zobrazení, které ukazuje obr. 5. Naměřený povrchový odtok je převeden na milimetry a vyneseno jako součtová čára v závislosti na objemu deště (vyjádřen též v milimetrech). Tak je možné snadno porovnávat výsledky ze simulací s různou intenzitou deště. V případech simulace intenzity 50 a 60 mm/h jsou výsledky téměř totožné, ale v závislosti na půdních podmínkách, zejména na stavu povrchu – nakypřenosti, nebo naopak ulehlosti – se výrazně liší, neboť při nakypřeném povrchu půdního vzorku dosahuje povrchový odtok výrazně nižších hodnot. Vzhledem ke stejným jednotkám na obou osách tohoto grafu je možné přímo odečíst poměr povrchového odtoku k objemu srážky a stanovit objemový součinitel odtoku. Z grafu je patrné, že součinitel odtoku se zvětšuje s rostoucím objemem srážky.

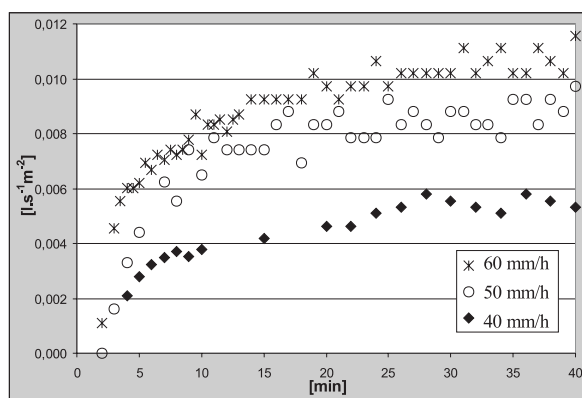
• Další možnost prezentace dat je vidět na obr. 6. Povrchový odtok zde není zobrazen kumulativně, jako tomu bylo v předcházejících příkladech, ale je přepočítán na odtok za sekundu z 1 m² a vyneseno v závislosti na čase. Je zde dobře vidět průběh množství povrchového odtoku v čase, počáteční rychlý nárůst a pozdější ustálení na určité hodnotě. Ke škodě výzkumníka více vyniknou nepřesnosti měření, které v kumulativním zobrazení nejsou tak patrné.



Obr. 4. Boční pohled na dešťový simulátor

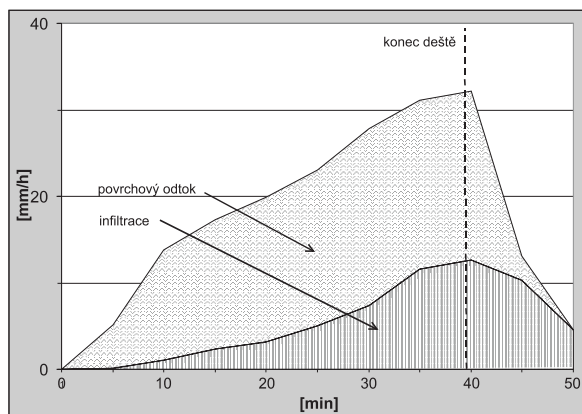


Obr. 5. Povrchový odtok v závislosti na objemu srážky



Obr. 6. Povrchový odtok v závislosti na čase

● Množství infiltrované vody, odtékající otvory ve dně kontejneru s půdním vzorkem, ukazuje obr. 7, na kterém je uveden součet povrchového odtoku a infiltrace v milimetrech za hodinu v závislosti na čase pro simulaci se sklonem 4° a intenzitou deště 40 mm/h. Spodní část zobrazuje podíl infiltrované vody, vrchní část grafu představuje povrchový odtok.

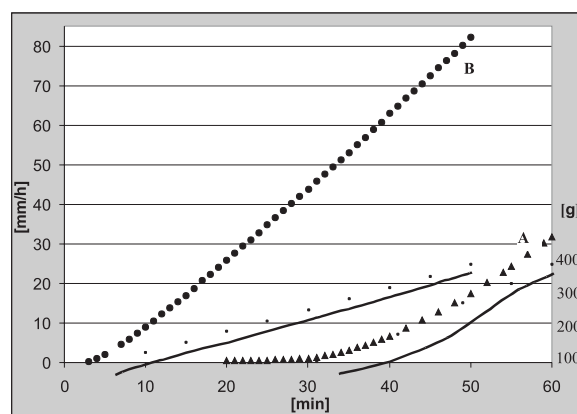


Obr. 7. Součet infiltrace a povrchového odtoku v závislosti na čase

Protože použité jednotky jsou stejné jako jednotky pro vyjádření intenzity deště, lze snadno posoudit bilanci vody v průběhu simulovaného deště – jaká část odtékla povrchovým a podpovrchovým odtokem. Zbytek srážkové vody se podílel na zvyšování půdní vlhkosti. Po určité době by se mělo dosáhnout maximální vlhkosti půdy v daných podmínkách a veškerá dešťová voda už by potom měla odtékat – křivka grafu by měla dosáhnout hodnoty intenzity deště. Při experimentech jsme tohoto stavu nikdy nedosáhli, důvody mohou být dva – jednak příliš krátké trvání deště,

kdy ještě nedošlo k plnému nasycení půdního vzorku, druhým důvodem může být netěsnost kontejneru, v němž je uložen půdní vzorek.

● Poslední z možností zobrazení množství smytých půdních částic ukazuje obr. 8. Hodnoty jsou zde uvedeny jako



Obr. 8. Povrchový odtok a smyv půdy v závislosti na čase

kumulativní množství v gramech společně s povrchovým odtokem v litrech, obojí v závislosti na čase. V grafu jsou zobrazené výsledky dvou simulací při stejném sklonu svahu 4° a intenzitě deště 50 mm/h, ale při rozdílném povrchu půdního vzorku. Při simulaci s označením A byl povrch půdy nakypřený, u simulace B šlo o ulehlý povrch s vytvořenou půdní krustou. Jelikož krusta výrazně snižuje propustnost půdního profilu a má mnohem menší drsnost, povrchový odtok se u varianty B vytvořil mnohem dříve po začátku simulace a nabývá podstatně vyšších hodnot než u pokusu A. Naproti tomu množství smytých půdních částic v poměru k povrchovému odtoku je u simulace A podstatně větší. Důvodem jsou jednak již uvedené skutečnosti – menší drsnost a propustnost pro krustovaný půdní povrch a jednak narušení vzájemných vazeb mezi půdními částicemi, ke kterému došlo při nakypřování. Při stejné intenzitě zadeštění, stejných sklonových podmínkách, a tudíž shodné celkové dopadové energii dešťových kapek na holý povrch půdy, je prokazatelné, že půdní částice se vlivem dopadové energie dešťových kapek z nakypřeného povrchu mnohem snadněji uvolňují a transportují současně s povrchově odtékající vodou.

Závěr

Příspěvek seznamuje s experimentálním zařízením, které uvádí do provozu Katedra hydromelioreací a krajinného inženýrství Fakulty stavební ČVUT v Praze – dešťovým simulátorem. Objasňuje ohroženost zemědělských půd erozí, způsoby určování její ohroženosti a význam a přínos dat získaných výzkumem pro tuto problematiku. Je uvedeno a diskutováno několik možností vyhodnocení dat získaných při experimentálním výzkumu eroze včetně příkladů a možných závěrů.

Článek vznikl za podpory grantu GA ČR č. 103/99/1470 „Extrémní hydrologické jevy v povodích“, výzkumného záměru FSv ČVUT č. 3402143 „Integrované vodní hospodářství a ochrana před povodněmi v rámci trvale udržitelného rozvoje“ a interního grantu ČVUT č. 309902401 „Konstrukce a testování laboratorního simulátoru srážek“.

Literatura

- [1] Janeček, M. a kol.: Ochrana zemědělské půdy před erozí. ISV Praha, 2002.
- [2] Janeček, M. – Tippl, M. – Bohuslávka, J.: Využití polního simulátoru deště při sledování půdoochranné činnosti variant pěstování kukuřice. Rostlinná výroba, **41**, 1995, č. 10, s. 485–490.
- [3] Kasprzak, K.: Infiltrace a povrchový odtok na holé půdě při dešti s konstantní intenzitou. Vodohospodářský časopis, **37**, č. 2, 1989, s. 137–153.
- [4] Matula, S.: Simulátor deště pro polní experimenty. Vodohospodářský časopis, **32**, 1984, č. 2, s. 217–227.
- [5] Váška, J. – Dočkal, M. – Dostál, T. – Paříková, P. – Vrána, K.: Laboratory Rainfall Simulator. Workshop 2000, ČVUT Praha.
- [6] Koláčková, J. – Paříková, P.: Využití dešťového simulátoru pro výzkum půdní eroze. Problematika vodního hospodářství, ČVUT Praha, 2002, s. 15–18.
- [7] Paříková, P.: Vodní eroze jako činitel dynamiky krajiny. [Dizertační práce], ČVUT Praha, 2001.
- [8] Váška, J.: Konstrukce a testování laboratorního simulátoru srážek. IG č. 309902401, ČVUT Praha, 1999.
- [9] Paříková, P.: Využití dešťového simulátoru pro stanovení erodovatelnosti půdy. IG č. 0203111, ČVUT Praha, 2002.

Paříková, P. – Koláčková, J.: Laboratory Rain Simulator for the Determination of Soil Erodability

The Department of Irrigation, Drainage and Landscape Engineering focuses on the determination of the erosion exposure in the landscape by simulation models. The input data for the models are obtained by experiments with the rainfall simulator, which makes it possible to simulate repeatedly artificial rainfalls with similar characteristics as a natural rain event.

Paříková, P. – Koláčková, J.: Labor-Regensimulator zur Bestimmung der Erosionsanfälligkeit eines Bodens

Der Lehrstuhl für Hydromeliorationen und Landschaftsingenieurwesen befasst sich mit der Feststellung der Gefährdung einer Landschaft durch Wassererosion. Die Eingabedaten für die Kalibrierung und Verwendung mathematischer Simulationsmodelle werden auch durch einen Labor-Regensimulator ermittelt, ein Gerät, das wiederholt künstlichen Regen mit der gleichen Einwirkung auf den Boden wie natürlicher Regen simuliert.

• dizertace**Sledování a výzkum jílové bariéry a její vliv na šíření kontaminantů v zemním prostředí**

Ing. Jiří Košťál

Práce se zabývá aktuální problematikou ochrany podzemních vod před kontaminací výluhy ze skládek odpadů. Laboratorně se určuje filtrační součinitel bentonitu, který se používá k jejich těsnění, a matematicky se modeluje transport kontaminantů v nasyceném zeminovém prostředí.

Spolehlivost a životnost panelových budov

Ing. Eva Novotná

Spolehlivost a životnost panelových objektů ovlivňuje zejména zatížení teplotními změnami, které namáhá styky těchto konstrukcí. Navrhuje se způsob určení zbytkové životnosti styků, který je aplikován na typ domu G57. Dizertace je přínosem k problematice regenerace panelových budov.

Posouzení aspektů územního rozvoje měst a obcí z hlediska sociální soudržnosti

Ing. Zdeňk Černovský

Práce identifikuje plány a programy územního rozvoje jako průnik zájmů různých objektů. Shodně s politikou EU autor v rozvoji měst zdůrazňuje faktor sociální soudržnosti a navrhuje způsob překlenutí nedostatků současného zákona o územně plánovacích podkladech.

Průmyslové armatury

Roček, J.

Informatorium, Praha, 2002, 256 stran, 181 obrázků, 12 tabulek, pevná vazba, 370 Kč

Průmyslové armatury umožňují provoz, spouštění a odstavování průmyslových celků, rozvodů energie, plynů a vody, zajišťují jejich bezpečnost nebo regulaci i řadu dalších funkcí. Situace v tomto oboru se po roce 1989 velmi změnila. Zanikl monopolní výrobce i dovozce armatur, a tím i unifikace typů armatur, normy se staly pouze nezávaznými a stále více se volá po jejich přizpůsobení mezinárodním či evropským normám.

Publikace obsahuje souhrnné informace o průmyslových armaturách jako důležitém prvku zajišťujícím bezpečnost a spolehlivost mnoha zařízení. Jsou zde uvedeny příslušné normy, certifikace, prohlášení o shodě, materiálech a těsnění. Podrobně jsou probrány všechny používané typy – uzavírací armatury, regulační armatury, zpětné armatury, odvaděče kondenzátu, pojistné ventily a vodárenské armatury. Nedílnou součástí je seznámení s fyzikálními základy jejich provozu a volby.

Podobná publikace již řadu let není na knižním trhu. Je zdařilým přehledem o armaturách, jejich vlastnostech a požadavcích na ně, s příklady konstrukčních provedení současných výrobců i dovozců. Tím se stává účinným pomocníkem všem, kteří se ve svém oboru s armaturami setkávají.

www.informatorium.cz

Geodetické vytyčení přípravků k výrobě ocelových segmentových střešních nosníků

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

Článek popisuje geodetické práce spojené s vytyčením montážních a kontrolních přípravků pro výrobu svařovaných ocelových střešních nosníků tvaru mezikruží s rozponem 73 m a vzepětím 13 m. Mezní odchylky se pohybovaly v řádu několika milimetrů.

Úvod

V polovině devadesátých let minulého století byla v rakouském Linci postavena kongresová hala se střechou tvořenou ocelovými segmentovými nosníky. Jejich dodavatelem byla tehdejší Transporta Chrudim, a. s. Autor byl přizván ke spolupráci při vytyčení polohy a osazení stolic stehovacího a kontrolního přípravku, určených k výrobě těchto unikátních dílů. Z důvodů vnitropodnikové organizace a jejích změn nebylo o průběhu prací časopisecky referováno. Domnívám se, že krátký přehled může být zajímavý ještě dnes.

Nosníky jsou svařence tvaru segmentu mezikruží s rozponem asi 73 m a vzepětím zhruba 13 m. V hale výrobního závodu se sestavovaly ze čtyř dílů na jednoúčelovém zařízení, které současně sloužilo pomocí pohyblivých stavitelných dorazů ke kontrole dodržení tvaru v rozsahu stanovených tolerancí. Tento kontrolní přípravek měl třináct masivních ocelových stolic, označených písmeny *L*, *A*, *B* až *M*. Jednotlivé díly se svařovaly z připravených plechů na stehovacím přípravku sestávajícím z dvanácti stolic, označených *N* až *Z*.

Prostorové uspořádání výrobní haly neumožnilo přímou vzájemnou viditelnost mezi patními body přípravků, a tedy ani relativně jednoduché přímé ortogonální nebo polární vytyčování. Proto byla k výpočtu a vytyčení přípravků v místní pravouhlé pravotočivé soustavě zbudována vytyčovací přímková délka $d_{VP} = 84$ m, do níž byla vložena osa $+X$ s počátkem voleným v koncovém bodě *I*. Vytyčované body pak ležely v prvním kvadrantu. Mezní chyba délky vytyčo-

vací přímkou byla zadána hodnotou

$$\delta_{\text{met } VP} = 1 \text{ mm.} \quad (1)$$

Vzájemná poloha přímkou a přípravků je patrná z obr. 1.

Každá stolic byla v podélné ose horní obdélníkové desky opatřena třemi svislými válcovými otvory. Ideální střed otvoru definoval polohu měřického bodu. Výjimku z tohoto uspořádání představovaly krajní patní stolice *M*, *L* s dvěma páry bodů na hlavních osách desky; spojnice dvojic bodů jsou vzájemně kolmé. Hrubé vytyčení polohy a následné ukotvení stolic obou přípravků provedli pracovníci firmy metodou protínání z délek měřených komparovanými pásmy z nejbližších pilířů (bodů) vytyčovací přímkou. Desky stolic do vodorovné polohy a současně do společného horizontu byly urovnány s milimetrovou přesností nivelačním přístrojem.

Oba krajní otvory stolic byly osazeny svislými ocelovými válcovými (krátkými) sloupky. Proto musely být měřické body, k jejichž spojnicím byla vztažena ideální poloha dorazů, přeneseny do středu kruhové hlavy sloupků urovnávaných při montáži do svislice strojírenskými křížovými libelami s citlivostí 10". Během výstavby byly vně deseti stolic kontrolního přípravku přidány velké sloupky. Všechny sloupky měly možnost přesného jemného posunu ve dvou vzájemně kolmých směrech pomocí přesně vypracovaných horizontálních šroubů.

Požadovaná přesnost byla dána úplnou mezní polohovou chybou

$${}^1\delta_{\text{met } p} = 2,5 \text{ mm} \quad (2)$$

platnou pro patní body stolic *L*, *M* a pro bod stolice *F* ve vrcholu kontrolního přípravku a hodnotou

$${}^2\delta_{\text{met } p} = 7,5 \text{ mm} \quad (3)$$

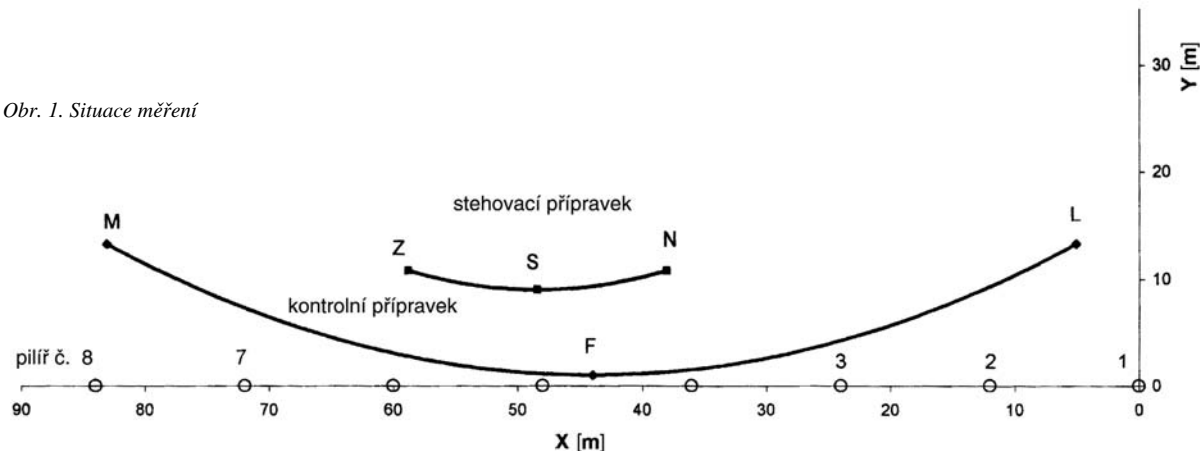
pro ostatní (hřebenové) body.

Při přípravě bylo rozhodnuto, že ve vztahu mezi směrodatnou odchylkou σ_p , kterou je charakterizována očekávaná (požadovaná) polohová přesnost vytyčení, a mezní chybou ${}^1\delta_{\text{met } p}$ bodů přípravku

$${}^2\delta_{\text{met } p} = u \cdot \sigma_p \quad (4)$$

bude použit součinitel konfidence $u = 2$ (tj. hladina význam-

Obr. 1. Situace měření



nosti $\alpha = 0,03$ s pravděpodobností správnosti výroku 97 %).

Sloupky do vytyčované projektované polohy se nastavovaly křížovými posuny dovolujícími dosažení přesnosti o řád vyšší než u geodetických měření. Podle zákona hromadění středních chyb lze pak celou hodnotu teoretické směrodatné odchylky σ čerpat méně přesnou složkou výkonu.

Vytyčovací přímka

Vytyčovací přímku délky (v den měření) 83,9919 m tvořilo osm ocelových pilířů výšky okrouhle 1,5 m, přivařených v pravidelných rozstupech 12 m vodorovnými výložníky délky 0,6 m k podpěrám souběžně jeřábové dráhy. Pilíře byly u spodního konce vybaveny zařízením pro přesný posun v příčném směru, tj. pro zařazení do přímky. Hlavy byly opatřeny svislými vývrty s přesným vnitřním závitem. Průsečík osy závitů s plochou hlavy definoval ideální bod přímky. Do závitů se šroubovaly buď sousedé signalizační znaky kuželového tvaru se zadním nepřímým osvětlením, nebo závitové přechodky pro uchycení trojnožek geodetických přístrojů upravené tak, aby při opakovaném měření zajišťovaly identickou polohu. Obdobným způsobem nucené centrace byly upraveny též hlavy sloupků stolic přípravků.

Popsané uchycení pilířů přímky bylo zvoleno v určité časové tísní místo původně navrženého uložení v betonových blocích, což – jak prokázala navazující měření – mělo za následek snížení stability a následně změnu technologie vytyčování. (Při hrubém vytyčování polohy stolic pásmy, uchycenými na prstenci poblíž hlavy pilíře, docházelo za provozu v hale ke změnám polohy pilířů až o 2,5 mm.)

Mezilehlé pilíře (body) vytyčovací přímky byly do směru zařazovány teodolity současně z obou koncových bodů s vyrovnáním polohy. Výsledná přesnost v příčném směru byla odhadnuta hodnotou

$$s_q = 0,7 \text{ mm} . \quad (5)$$

Pro určení délky vytyčovací přímky s požadovanou přesností $\sigma_{VP} = 0,5 \text{ mm}$, vyplývající ze vztahů (1) a (4), byla použita metoda paralaktického měření vysoké přesnosti (Adámkova metoda), dosahující relativní přesnosti až 1 : 500 000. Vzdálenost sousedících pilířů i, j , tzv. délka článku d_{ij} , se měřila oboustrannou invarovou základnovou latí Zeiss Bala (součinitel teplotní roztažnosti $\alpha = 2 \cdot 10^{-6}$), jejíž délka l (cca 2 m) byla na líci (symbol ") i na rubu (°) určena laserovým interferometrem oborového metrologického střediska s přesností řádově 10^{-5} až 10^{-6} . Po dobu měření byl provoz v hale zastaven, vnější podmínky byly prakticky konstantní. Lať byla pro vyloučení podélné excentricity terčů ramen vůči ose závitů středové hlavy umístěna na stativu doprostřed měřeného článku d_{ij} , vodorovně, symetricky a kolmo k měřené délce. Paralaktické vodorovné úhly φ'_i, φ'_j se měřily postupem polovičních laboratorních jednotek. Pro výpočet článku, složeného ze dvou úseků optimální délky, platí

$$d_{ij} = d''_i + d''_j + s = (l''/2) \cdot \cotg(\varphi''_i/2) + (l''/2) \cdot \cotg(\varphi''_j/2) + s, \quad (6)$$

kde s je mikrometrem měřená tloušťka sklíčka nesoucího oboustranně koncové znaky lať. Měřená délka d_{VP} je rovna součtu délek článků. Kompletní rozbor přesnosti přesahují rozsah tohoto článku. Jejich důsledkem byl požadavek měření dvojicí ověřených vteřinových teodolitů Zeiss 010A dvakrát nezávisle s postupným střídáním dvou základnových lať Zeiss Bala se zaváděnou opravou z teploty a

komparace. Z dosaženého rozdílu +0,37 mm dvojího určení délky vytyčovací přímky d_{VP} (tj. vzdálenosti bodů 1 až 8) je vypočtena výběrová směrodatná odchylka jako charakteristika přesnosti

$$^1s_{dVP} = 0,2 \text{ mm} . \quad (7)$$

Obdobně vypočtená průměrná směrodatná odchylka každého z článků je 0,11 mm, odkud lze podruhé odhadnout přesnost vytyčovací přímky

$$^2s_{dVP} = 0,3 \text{ mm} . \quad (8)$$

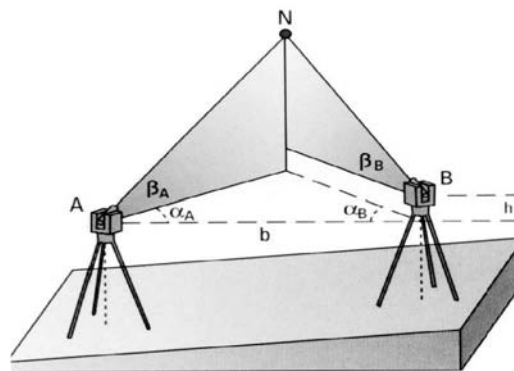
Hodnoty (7), (8) odpovídají rozborům a s rezervou vyhovují zadání; jejich vzájemný rozdíl je pravděpodobně důsledkem zbytkových systematických chyb. Uvedené parametry by však i dnes byly obtížně dosažitelné, např. elektrooptickým měřením délek.

Metody pro vytyčení přípravků

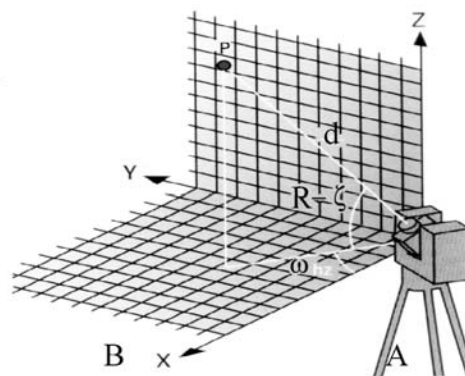
Pro přesná průmyslová geodetická měření se převážně používají metody, jejichž princip je znázorněn na obr. 2 a obr. 3, a to metoda:

- prostorová (3D) polární,
- prostorového protínání vpřed.

Úpravy pro strojírenská měření uvádějí např. práce [1], [2].



Obr. 2. Princip prostorové metody protínání



Obr. 3. Princip prostorové polární metody

Metoda protínání ve variantě rovinného (2D) protínání z délek byla použita pro hrubé vytyčení polohy stolic, vždy z nejbližší dvojice sousedících pilířů. Podle původního projektu byla navržena (jako protínání z úhlů přilehlých k základně, tj. k vytyčovací přímce) i pro přesné vytyčení přípravků. Rozbor prokázal, že v dané konfiguraci by nebylo možné pro body přípravků blízkých přímce, zejména pro

vrcholový bod F ($y_F = 0,3$ m, $x_F = 45$ m), dosáhnout touto metodou požadované přesnosti. To platí jak pro vytyčení z koncových bodů (pilířů) I , 8 přímků (základna protínání 84 m), tak pro vytyčení z dvojice nejbližších pilířů (základna 12 m). Naopak, průběh polohové chyby polární metody je při měření z kteréhokoli pilíře v podstatě v celé montážní ploše haly konstantní a vyhovuje požadované přesnosti $\sigma_p = 1,25$ mm patních bodů L , M kontrolního přípravku, dané hodnotou (2) a vztahem (4); tím je samozřejmě splněn i požadavek (3) přesnosti hřebenových bodů. Hodnota polohové chyby je za předpokladu $\sigma_d = 1$ mm, $\sigma_\omega = 1$ mgon limitována především přesností dálkoměru.

V polární metodě – bez ohledu na to, zda je řešena jako prostorová (3D), nebo rovinná (2D), je nutno na stanovisku přístroje A (na zvoleném pilíři) měřit k vytyčovanému nebo kontrolovanému bodu přípravku P ; polární souřadnice, tedy šikmou vzdálenost d_{Ai} , zenitový úhel ζ_{Ai} a od orientačního směru na bod B (jiný, vzdálený pilíř přímkou) vodorovný úhel ω_{Ai} (obr. 2, označení prvků bez indexování). K měření se používá kvalitní totální stanice (elektronický tachymetr) vyšší přesnosti. Výhodou je dvojosý kompenzátor odstraňující vliv nesvislé točné osy na měřené úhly, samozřejmostí je automatický elektronický sběr a záznam dat. Přesnost dálkoměru je charakterizována vzorcem základní střední chyby jednou měřené vzdálenosti d , tj.

$$\sigma_d = k_1 + k_2 \cdot d \cdot 10^{-6} \quad [\text{m}]. \quad (9)$$

Pro strojírenské aplikace je druhý člen pravé strany zanedbatelný, k_1 musí být co nejmenší; k dispozici jsou přístroje s hodnotou $k_1 = 0,0003 - 0,0020$. Úhloměrná část vykazuje vteřinovou přesnost (0,2 mgon). Délka záměr je zdola omezena minimální zaostřovací vzdáleností dalekohledu (obvykle 0,6 až 1,8 m). K měřené délce se nastavením v přístroji připojuje fyzikální redukce o_a (řádově až ± 15 mm/100 m) závislá na vzdušném tlaku a teplotě, oprava z komparace dálkoměru o_k a součtová konstanta c odrazného prvku (hranolu), umístěného v cíli. Matematická redukce (oprava z refrakce a zakřivení Země) je v daném případě bezvýznamná, resp. se u této skupiny prací nezavádí. Vodorovná délka $v_{d_{Ai}}$ je procesorem přístroje vypočtena z této korigované šikmé délky d_{Ai} a zenitového úhlu ζ_{Ai} .

Prostorová metoda protínání je obecně výrazně přesnější při použití na menších objektech (řádově v metrech) příčně vzdálených asi do 30 m. (Ze strojírenského hlediska ovšem přesahují horní hranici rozměrů 5 000 mm.) Současně je však značně závislá na prostorové konfiguraci protínání.

Polární vytyčení přípravků

Všechny stolice byly výškově nastaveny během přípravných prací, a proto byla vytyčována pouze poloha sloupků. Projektované polární souřadnice byly vypočteny z pravoúhlých souřadnic příslušných diskretních bodů stolic, definovaných ve výše uvedené soustavě vytyčovací přímkou. Měření se provádělo elektronickým vteřinovým teodolitem Kern E2 spojeným s kalibrováním dálkoměrem Kern DM 504. Cílové body stolic (krajní sloupky a mezilehlé otvory) byly signalizovány ověřeným speciálním malým hranolem pro průmyslová měření téže firmy (dnes již neexistující), neseným vhodným přípravkem. Hranol je pro cílení při úhlovém měření vybaven záměrnými hroty. Zvýšení přesnosti, rostoucí s odmocninou z počtu pozorování, bylo dosaženo minimálně čtyřnásobně opakovaným měřením délek. Při vytyčování byl střed odrazného hranolu na střed rýskového kříže orientovaného dalekohledu teodolitu

postupně naveden – při současném dosažení potřebné vzdálenosti – pomocí jemných křížových posunů sloupku. Po zajištění polohy proběhlo kontrolní měření a podle potřeby se postup opakoval. Střed mezilehlých otvorů ploch stolic byly pouze zaměřeny.

Všechny stolice stehovacího přípravku byly vytyčeny a kontrolovány z pilíře 8 se směrovou orientací na pilíř I . Přesnost nastavení je charakterizována směrodatnými odchylkami ve směru souřadnic y , x a z nich vypočtenou chybou v poloze s_p , tj.

$${}^1s_y = 0,5 \text{ mm}, {}^1s_x = 0,6 \text{ mm}, {}^1s_p = 0,8 \text{ mm}. \quad (10)$$

Poloha středů sloupků a otvorů stolic byla znovu nezávisle zaměřena z pilíře 5, opět s orientací na cílový znak pilíře I . Rozdíly v souřadnicích identických bodů, dosahující hodnot ${}^2s_y = 1,6$ mm a ${}^2s_x = 2,4$ mm, byly zřejmě způsobeny určitou nestabilitou bodů vytyčovací přímkou. V každém z obou postupů však byly všechny body měřeny pouze z jednoho stanoviska, takže jejich vzájemný geometrický vztah nebyl dotčen. Možný posun a stočení celého přípravku vzhledem k okolí byl nepodstatný a zanedbatelný. Ze souřadnic sloupků stolic byly vypočteny délky a porovnány s projektem. Průměrný rozdíl

$$\delta_1 = +0,1 \text{ mm}. \quad (11)$$

Kontrolní přípravek byl obdobně vytyčen a kontrolován z pilíře 3 s orientací na pilíř I . Výsledné charakteristiky přesnosti:

$$\begin{aligned} {}^3s_y &= 0,5 \text{ mm}, \\ {}^3s_x &= 0,4 \text{ mm}, \\ {}^3s_p &= 0,6 \text{ mm}, \\ \delta_2 &= -0,1 \text{ mm}. \end{aligned} \quad (12)$$

Hodnoty (10), (12) s rezervou vyhovují kritériím (2) a (3). Pro úhlová měření na obou přípravcích byla vypočtena empirická směrodatná odchylka

$$s_\omega = 1 \text{ mgon}, \quad (13)$$

odpovídající apriorním rozborům přesnosti.

Závěrem byl určen rozdíl projektovaných a ze souřadnic vypočtených (pro překážky přímo neměřitelných) vzdáleností dvojice patních bodů kontrolního přípravku

$$\delta_{LM} = -3 \text{ mm}. \quad (14)$$

Mezní chyba, vyvozená z (2),

$$\delta_{\text{met } LM} = 3,5 \text{ mm}. \quad (15)$$

Při lineárním sčítání chyb, používaném ve strojírenských rozbořech přesnosti pro dvojici prvků, vzroste kritérium (15) na hodnotu 5 mm. Rakouský odběratel po odstranění překážek v hale provedl při přejímce přímé elektronické měření vzdálenosti patních bodů, udávaný rozdíl $\delta_{LM} = -2$ mm. Požadovaná přesnost vytyčení tedy byla dodržena.

Článek byl napsán v rámci výzkumného záměru J 21000001.

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] Hánek, P. – Havlíčková, D.: Teodolitové prostorové protínání v průmyslu. *Automatizace*, **42**, 1999, č. 12, s. 879–883.

Hánek, P.: Geodetical Alignment of Jigs for the Production of Segment Steel Roof Trusses

This paper describes geodetical works on laying-out of assembly and control jigs for the production of welded steel roof trusses which have an annulus shape, a span of 73 m and a camber of 13 m. The limit variations ranged in the order of a few millimetres.

Hánek, P.: Geodätische Absteckung von Mitteln zur Fertigung von Dachträgern

Der Artikel beschreibt die mit der Absteckung von Montage- und Kontrollmitteln zur Fertigung geschweißter Stahldachträger in Kreisringform mit einer Spannweite von 73 m und einer Stichhöhe von 13 m verbundenen Arbeiten. Die äußersten Abweichungen bewegten sich in der Größenordnung von einigen Millimetern.

Geotechnical Problems with Man-Made and Man Influenced Grounds

25.–28. srpna 2003
Kongresové centrum, Praha

Koncem srpna se v Praze na třinácté evropské konferenci mechaniky zemin a geotechnického inženýrství sejdou mezinárodní odborníci, aby na nejvyšší úrovni projednali otázky, které jsou v popředí zájmu nejen dané profese, ale i širší veřejnosti.

Témata

- bezpečné ukládání odpadů ve formě skládek, odkališť, úložišť včetně jaderného odpadu, a to nejen z pohledu mezních stavů těchto nových konstrukcí, ale především z pohledu vlivu na životní prostředí
- průzkum a sanace kontaminovaných zemin a podzemní vody – řešení starých ekologických zátěží
- výstavba na pozemcích dříve dotčených lidskou činností či na pozemcích z antropogenních uloženin, tzv. brown-fields
- založení nových objektů v husté městské zástavbě s širokým dopadem na okolní prostředí
- realizace geotechnických konstrukcí a staveb v centrech měst – metro, tunely, podzemní kolektory, transportní infrastruktura
- mezinárodní spolupráce v dané oblasti – projekty podpořené EC, NATO, Evropskou bankou pro rozvoj



PRAHA XIIIth EUROPEAN CONFERENCE
ON SOIL MECHANICS AND GEOTECHNICAL ENGINEERING

GEOTECHNICAL PROBLEMS WITH MAN-MADE
AND MAN INFLUENCED GROUNDS



Volba tématu, atraktivnost města a podpora ze strany ČVUT, Fakulty stavební ČVUT, profesních organizací ČSSI, ČKAIT, primátora Prahy i ministerstev – MŽP, MPO, MMR – napomohly výběru Prahy v tajném hlasování ISSMGE v Amsterdamu v roce 1999. Sejde se zde nejen vedení Mezinárodní společnosti pro mechaniku zemin a geotechnické inženýrství (ISSMGE), ale i reprezentanti národních společností. V Pražském kongresovém centru se očekává na 600 účastníků z celého světa, pro něž je kromě odborného programu, pracovních setkání a diskuzí připravena řada exkurzí na nejzajímavější stavby.

www.ecsmge2003.cz

• veletrhy

BauFach 2003

6. – 9. listopadu 2003

Lipsko

Výstaviště v Lipsku je považováno za nejstarší na světě – a zároveň za jedno z nejmladších a nejmodernějších. Teprve roku 1996 byl otevřen futuristicky vyhlížející výstavní areál, který fascinuje architekturou z ocele a skla, symbolizující transparentní a otevřenost světu. Jeho výstavba byla jedním z největších investičních projektů v nových spolkových zemích. Rozhodující ovšem nebyla přestavba výstaviště sama o sobě, ale razantní sanace a modernizace celého regionu Lipsko. To, co bylo vytvořeno, je výsledkem dlouhodobých zkušeností a představuje symbiózu tradice s budoucností. Patří k úspěšným příkladům východoněmeckého rozvoje po sjednocení Německa v roce 1990. V průběhu pouhých jedenácti let byla obnovena veškerá infrastruktura, tj. rozšířeno letiště a kolejová i silniční síť, provedeny plošné rozvody optických kabelů, zřízeno supermoderní Media-City, přilákány průmyslové závody i podniky služeb a postaveny moderní podnikatelské i bytové nemovitosti. Ve stejné době se podařilo sanovat přes 80 % historického starého města. Přestože v současnosti převládá po stavebním boomu nabídka kancelářských ploch a bytů nad poptávkou, realitní experti předpovídají jejich nedostatek. Po usídlení automobilových gigantů BMW, Porsche a

Mercedes přestala být lokalita Lipska „dobrým tipem“ mezi znalci a stala se v celoněmeckém měřítku nepřehlédnutelným hospodářským centrem s perspektivním potenciálem.

Lipské výstaviště nyní stabilizuje svou obchodní činnost v několika oblastech – rozvíjí osvědčená témata, vytváří nové veletrhy jako odraz rozvoje nových oborů a souběžně rozšiřuje pořádání kongresů. Úspěšnými tématy jsou mimo jiné auto a doprava, stavebnictví a ochrana památek, životní prostředí, lékařství a spotřební zboží. Nový areál výstaviště integruje jedno z nejmodernějších kongresových center světa.

Jednou z nejnavštěvovanějších akcí lipského výstaviště je mezinárodní odborný veletrh BauFach. Počátkem září se opět stane místem setkání západoevropských vystavovatelů s kolegy z České republiky a dalších zemí střední a východní Evropy. Spektrum nabídky sahá od stavebních hmot, dřív a prvků až k hotovým domům, strojům a přístrojům. Další těžiště tvoří zvláštní přehlídky vývoje v oblasti stavební informatiky a možnosti využití obnovitelných druhů energie. Způsobům zpracování a použití dřeva, strojům na jeho zpracování, vnitřní výstavbě a informacím o novinkách v oboru je věnována speciální sekce „HolzTec“.

Informace:

SEPP International, s. r. o., výhradní zastoupení Leipziger Messe pro ČR, tel.: 222 734 483, fax: 222 734 482,
e-mail: info@seppint.cz, www.baufach.de



• konference

ČVUT v evropském výzkumném a vzdělávacím prostoru

22. – 23. září 2003

Praha, Masarykova kolej ČVUT



Česká republika by se měla v příštím roce stát plnoprávným členem Evropské unie a již nyní je zapojena v řadě programů, jež z ní činí součást evropského výzkumného a vzdělávacího prostoru. Prudké změny ekonomického a sociálního klimatu nás staví na rozcestí, z něhož vede jedna cesta k našemu návratu mezi vyspělé demokratické státy, druhá k setrvávání na okraji Evropy jako zásobárna levných pracovních sil a výrobní základna pro nepříliš komplikované produkty a technologie. Vysoké školy, zejména technické univerzity, mají v probíhajících společenských procesech úlohu, jejíž význam není v současné době doceněn a které si ani ony samy nejsou vždy vědomy. Konference si klade za cíl za účasti členů akademické obce a pozvaných hostů shrnout poznatky a názory na další směry rozvoje ČVUT v tomto převratném období, poskytnout co nejširší podklady pro analýzu stavu a perspektiv ČVUT, z níž vyplynou doporučení pro optimalizaci chování školy v měnících se společenských podmínkách rozšiřující se Evropy. Měla by tedy být orientována v časové ose výrazně ve směru od současnosti k budoucnosti školy. Měla by

vyjádřit naše silné stránky a zabývat se tím, jak je využít k dalšímu rozvoji školy, ale nezakrývat slabé stránky a přinést podněty k jejich odstranění. Má připomenout příležitosti, které poskytuje současná společnost, a její potřeby, ale také odhalit rizika spojená s konáním a případným nevyužitím nabízejících se příležitostí. Snahou je věnovat se všem hlavním oblastem činnosti školy, v pedagogické i výzkumné oblasti shrnout perspektivní obory, jež zde dosud nejsou dostatečně rozvinuty nebo pokryty vůbec, a navrhnout postupy, jak i v těchto oborech přivést ČVUT na srovnatelnou světovou úroveň, vyjádřit realisticky potřeby v oblasti přístrojového, prostorového i dalšího vybavení a hledat možnosti jejich naplnění. Důležitou součástí tematiky konference tvoří interakce školy s vnějším světem, ať již v rovině snahy o lepší přizpůsobení znalostí a schopností absolventů potřebám praxe, přenosu výsledků vědecké práce do průmyslové sféry, podpory inovací, malých a středních firem, v nichž se uplatňují naši absolventi, nebo v rovině spolupráce na rozsáhlých českých i mezinárodních projektech.



Před konferencí bude vydán tištěný sborník jednostránkových abstraktů, který dostanou účastníci konference při registraci. Úplné znění příspěvků bude publikováno po konferenci na CD-ROM.

Tematické okruhy

- pedagogická činnost (strukturované studium, student – aktivní partner ve výuce, nové trendy a netradiční formy výuky, životní a studijní podmínky studentů)
- věda, výzkum a vývoj (vědecká práce – nedílná součást výchovy inženýra, 6. rámcový program EU a další mezinárodní programy jako příležitost pro ČVUT, rozvoj vědeckého potenciálu ČVUT – projekty nových laboratoří a dalších vědeckých pracovišť, inovace a transfer technologií, ochrana duševního vlastnictví)
- spolupráce ČVUT na národní i mezinárodní úrovni (v evropském výzkumném a vzdělávacím prostoru, Boloňská deklarace, mobilita zaměstnanců a studentů, zahraniční učitelé a studenti, regionální spolupráce, spolupráce s jinými univerzitami, AV ČR a s průmyslem)
- společenské a materiální podmínky pro další rozvoj (aktivní politika zvyšování kvalifikace a sociálních podmínek pracovníků, problematika věkové struktury, aktuální i perspektivní finanční zdroje, prostorové rozšiřování – nutná podmínka dalšího rozvoje)

● zprávy

V pražské ZOO vyrůstá evropská rarita – indonéský pavilon

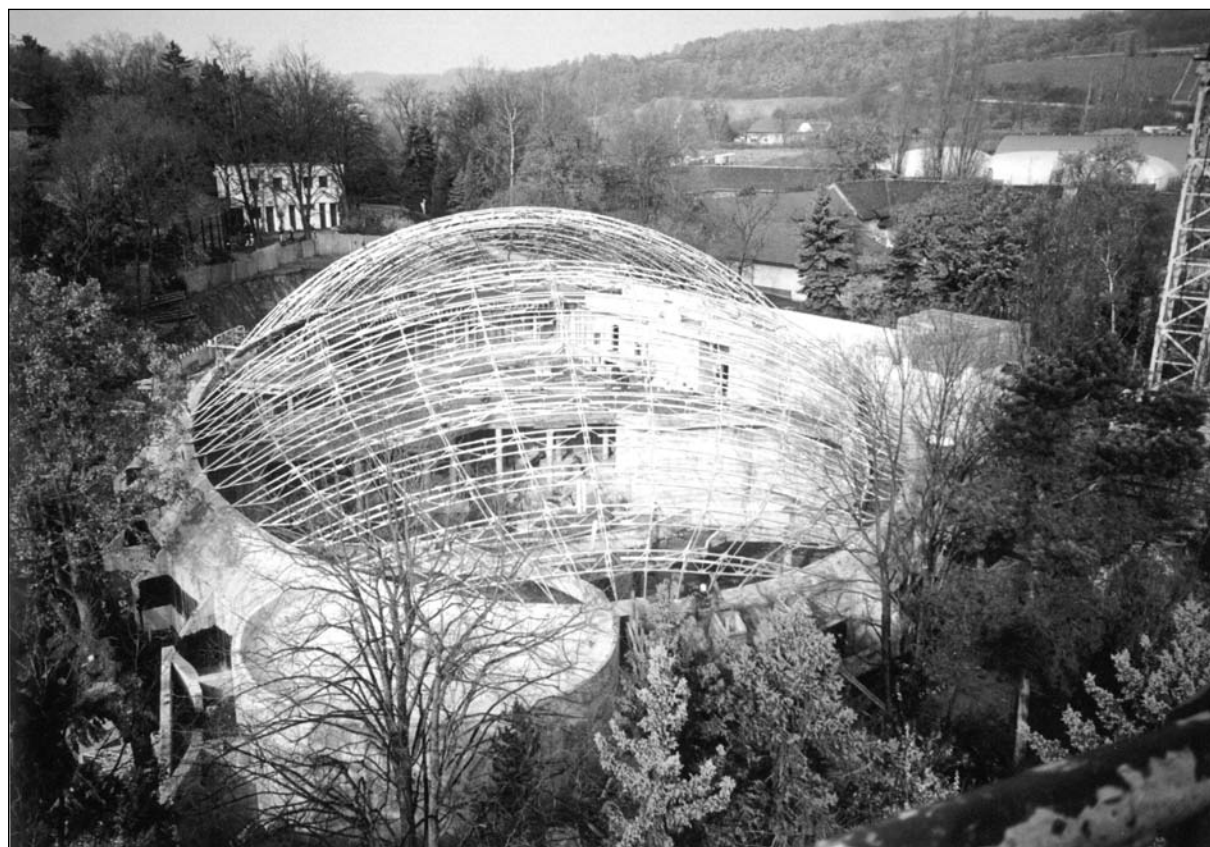
Hodnota pavilonu, v němž najdou nový domov opice, ještěři, ptactvo i ježura kuskus, se pohybuje okolo 158 mil. Kč. Dokončen má být v září letošního roku, pro návštěvníky však bude expozice otevřena až v roce 2004.

Celá stavba je konstrukčně velmi náročná, jelikož budova hlavního pavilonu je vlastně elipsa, přesněji těleso rotačního elipsoidu. Na atypické střeše z 25 příhradových postupně svařovaných ocelových vazníků bude položena speciální hliníková konstrukce a na ní tabule z dvojskel o rozměrech 2 x 2 m. Celková zasklená plocha je asi 2 000 m². Vzepětí konstrukce je 15 až 17 m.

Netradiční bude i interiér pavilonu. V několika výškových úrovních budou vybudována čtyři jezírka, z nich některá sladkovodní a jiná slaná. Propojením vzniknou malé vodopády. Dokonalou iluzi tropů a subtropů s vlhkostí vzduchu až 90 % kromě technického řešení pomohou vytvořit jak umělé, tak pravé rostliny. Zeleň se bude vyskytovat i na střeše pavilonu. Dutinou umělých stromů tvořených ocelovou konstrukcí povede topná spirála, takže sedící zvířata budou mít maximální pohodu. Vytápěna bude i střeška pavilonu a jeho stěny. Návštěvníci budou procházet po lávce, kterou bude od teritoria stálých obyvatel oddělovat vodní příkop.

Pavilon indonéské džungle je v České republice zcela určitě raritou a podle informací lze obdobné zařízení najít v Evropě jen ve Skotsku, a potom už jen v New Yorku.

Tisková informace



STAVEBNÍ OBZOR

ROČNÍK 12 ČÍSLO 7/2003

Navigace v dokumentu

OBSAH

Lemák, D. Oprava železobetonového komína	193
Studnička, J. Experimenty s opakovaným namáháním spřahovací lišty	197
Novotný, R. Vyztužování vybraných plošných konstrukcí stejně namáhanými liniovými nosnými prvky	201
Poděbradská, J. – Toman, J. – Černý, R. Závislost součinitele teplotní vodivosti cementových kompozitů vyztužených skleněnými vlákny na teplotě	206
Hladká, K. Nejnovější vlivy v rakouském územním plánování	210
Bauer, K. – Lachout, P. Pravděpodobnostní model celkových nákladů stavebních objektů	213
Kropáč, O. – Šprinc, J. – Šprinc, M. Pásmové charakteristiky podélných nerovností vozovek	217
Pospíšil, J. – Štroner, M. Sledování časových změn přetvoření stavební konstrukce digitální kamerou	223

7 • 2003

ročník 12

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

Lemák, D.
Oprava železobetonového komína 193

Studnička, J.
Experimenty s opakovaným namáháním spřahovací lišty 197

Novotný, R.
Vyztužování vybraných plošných konstrukcí stejně namáhanými liniovými nosnými prvky 201

Poděbradská, J. – Toman, J. – Černý, R.
Závislost součinitele teplotní vodivosti cementových kompozitů vyztužených skleněnými vlákny na teplotě 206

Hladká, K.
Nejnovější vlivy v rakouském územním plánování 210

Bauer, K. – Lachout, P.
Pravděpodobnostní model celkových nákladů stavebních objektů 213

Kropáč, O. – Šprinc, J. – Šprinc, M.
Pásmové charakteristiky podélných nerovností vozovek 217

Pospíšil, J. – Štroner, M.
Sledování časových změn přetvoření stavební konstrukce digitální kamerou 223

CONTENTS

Lemák, D.
Repair of a Reinforced Concrete Chimney 193

Studnička, J.
Push-Out Fatigue Tests of the Perforated Connector Under Loading 197

Novotný, R.
Reinforcement of Selected Plate Structures by Equally Loaded Bearing Line Elements 201

Poděbradská, J. – Toman, J. – Černý, R.
Measurement of Thermal Diffusivity of Glass Fibre Reinforced Cement Composites in a Wide Temperature Range 206

Hladká, K.
The Latest Developments in Austrian Regional Planning 210

Bauer, K. – Lachout, P.
A Probability Model of Total Costs of Constructions 213

Kropáč, O. – Šprinc, J. – Šprinc, M.
Band Characteristics of Longitudinal Unevenness of Roads 217

Pospíšil, J. – Štroner, M.
Monitoring of Time Changes in the Deformation of a Building Structure Using the Digital Camera 223

INHALT

Lemák, D.
Reparatur eines Stahlbetonschornsteins . 193

Studnička, J.
Versuche mit wiederholter Beanspruchung einer Zahnleiste 197

Novotný, R.
Aussteifung ausgewählter flächiger Bauteile durch gleich beanspruchte linienförmige Tragelemente 201

Poděbradská, J. – Toman, J. – Černý, R.
Messung der Wärmeleitzahl von glasfaserbewehrten Zementkomposita in einem breiten Temperaturbereich 206

Hladká, K.
Neueste Einflüsse in der österreichischen Raumplanung 210

Bauer, K. – Lachout, P.
Wahrscheinlichkeitsmodell der Gesamtkosten von Bauobjekten 213

Kropáč, O. – Šprinc, J. – Šprinc, M.
Bandcharakteristiken von Unebenheiten der Strassen 217

Pospíšil, J. – Štroner, M.
Beobachtung der zeitlichen Veränderungen der Verformung einer Baukonstruktion mit einer Digitalkamera 223

REDAKČNÍ RADA

Předseda:
prof. Ing. Jiří STUDNIČKA, DrSc.

Místopředseda:
doc. Ing. Alois MATERNA, CSc.

Tajemníci:
doc. Ing. Milan KAŠPAR, CSc.
doc. Ing. Jindřich ŠMEJČKÝ, CSc.

Členové:
Ing. Miroslav BAJER, CSc.
doc. Ing. Pavel HÁNEK, CSc.
Ing. Jiří HIRŠ, CSc.
Ing. Ivan HRDINA
doc. Ing. Vladimír JELÍNEK, CSc.
Ing. Miroslav JEŽEK, CSc.
doc. Ing. Miroslav KAUN, 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.
prof. Ing. Adolf PATERA, DrSc.
doc. Ing. Miloslav PAVLÍK, CSc.
prof. Ing. J. PROCHÁZKA, CSc.
doc. Ing. Vlastimil STARÁ, CSc.
Ing. Karel SVOBODA
doc. Ing. Jiří VÁŠKA, 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 tisku 7. 8. 2003. Nevyžádané rukopisy se nevracejí.

INDEX 47 755, ISSN 1210-4027

STAVEBNÍ OBZOR

ROČNÍK 12

ČÍSLO 7/2003

Oprava železobetonového komína

Ing. Daniel LEMÁK
Statika Olomouc

Oprava železobetonového komína výšky 100 m Špičkové výtopny Olomouc spočívala v sanaci železobetonového dřívku komína a ve vytvoření nového ocelového samonosného pouzdra. V článku jsou popsány jednotlivé kroky jeho rekonstrukce a související analýza dotčených konstrukcí, zejména pak analýza stability nového ocelového pouzdra.

Úvod

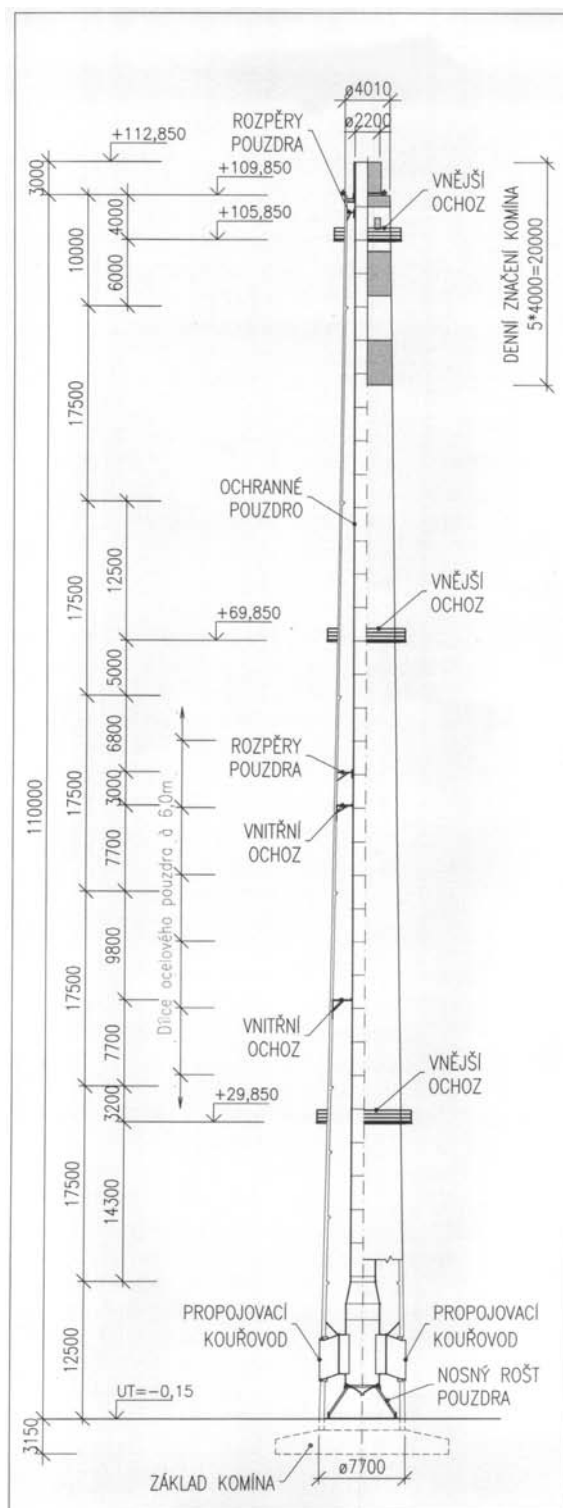
Na základě výsledků revizní prohlídky, provedené v červnu roku 2001, bylo rozhodnuto o jeho celkové rekonstrukci. Tento železobetonový monolitický komín výšky 110 m má vnější průměr dřívku v hlavě 4,10 m, vnitřní průměr 2,70 m. Vnější průměr dřívku v patě komína je 7,70 m a vnitřní průměr 6,77 m. Kyselinovzdorná vyzdívka byla původně přizděna přímo k dřívku, bez odvětrávací mezery. Vyzdívka byla po výšce uložena na šesti železobetonových konzolách vyložených z dřívku komína a vzájemně vzdálených 17,5 m. Tvar dřívku včetně nového pouzdra a dalších nových konstrukcí je zřejmý z obr. 1.

Vyzdívka z kameninových komínovek tl. 120 mm byla na vnitřní straně opatřena vrstvou tepelné izolace z křemeliny tvarovek tl. 70 mm. Komín byl vybaven dvěma protilehlými žebříky, umístěnými na vnějším plášti, a jedním žebříkem vnitřním. Tři vnější železobetonové ochozy se nacházejí ve výšce +26,65 m, +69,85 m a +105 m. Do komína odchází spaliny mazutu a zemního plynu ze tří kotlů. Jejich teplota v patě komína se pohybuje od 110 do 185 °C, podle typu paliva.

Z výsledků revizní prohlídky bylo zřejmé, že komín je ve špatném stavu, poškozeno je především ochranné pouzdro, které již neplní funkci bezpečného odváděče spalin a ochranu vnějšího nosného železobetonového dřívku komína. Poškozeny byly zejména dilatační spáry, které neumožnily dilatační pohyby zdíva v jednotlivých etážích. V prostoru mezi ochranným pouzdrem a dřívkem docházelo v důsledku toho ke kondenzaci spalin a k vytvoření kyselého prostředí, které urychlovalo korozi železobetonového dřívku.

Dalším problémem konstrukce komína byla nízká výstupní rychlost spalin. Kouřová vlečka ovalovala vrchol komína a následně kondenzovaly spaliny i vně dřívku. I to mělo vliv na degradaci betonu, a následně i na korozi ocelové výtuzi komína. Pro rekonstrukci byly navrženy tyto kroky:

- očištění vnějšího povrchu tělesa a železobetonových ochozů tlakovou vodou,
- sanace vnějšího povrchu, nový nátěr, nové denní značení,
- výměna zábradlí ochozů a osazení poklopů v místech průřezů ochozy,
- výměna bleskosvodu a výstražného leteckého osvětlení,



Obr. 1. Základní schéma rekonstrukce komína

- odstranění stávajícího pouzdra,
- vytvoření nového pouzdra,
- instalace nového vnitřního žebříku,
- sanace vnitřního povrchu komína.

Sanace vnějšího a vnitřního povrchu komína

Celoplošná sanace a nátěry byly provedeny materiály firmy MC Bauchemie. Železobetonový povrch byl rozdělen podle agresivity prostředí, ve kterém se nachází, na tři zóny – od nejvíce po nejméně namáhané části dřívku. Pro jednotlivé zóny namáhání konstrukce byly zvoleny příslušné sanační materiály (spojovací můstky, sanační maltoviny, penetrace, stěrky a ochranné nátěry) [4].

Celá konstrukce byla před aplikací sanačních materiálů otryskána tlakovou vodou, aby se odstranily uvolněné části betonu. Důležitou součástí sanace vnějšího dřívku bylo podchycení vnějšího ochozu na úrovni +26,65 m s ohledem na trhliny mezi dřívkem komína a betonovou deskou ochozu, jejichž skutečná velikost byla zjištěna až po očištění konstrukce. Trhliny se dokonce v průběhu rekonstrukce zvětšovaly a hrozilo zřícení vyzdvíčky, které nenastalo snad pouze díky konicitě komína a neporušené tangenciální výztuži dřívku. S trhlínami souviselo i rozsáhlé oslabení horní radiální výztuže všech ochozů korozí. V důsledku toho nastal i značně nestandardní přenos smykových sil z desky ochozu do dřívku komína. Proto bylo navrženo okamžité podchycení konstrukce ocelovými konzolami (obr. 2) a současně bylo



Obr. 2. Podchycení železobetonového ochozu ocelovými konzolami

obnoveno i zakotvení radiální výztuže ochozu vplením nové výztuže do dřívku a přivařením k výztuži původní. Samozřejmě následovalo ošetření ochozu, a tedy i trhlín, prostředky stavební chemie.

Výměna ochranného pouzdra komína

V rámci rekonstrukce byla provedena celková asanace pouzdra a vnitřního žebříku. Na základě technologických výpočtů z aktuálních podkladů o spalínách, které má komín odvádět v průběhu životnosti pouzdra, byl navržen světlý průměr nové vložky komína 2,2 m. Pouzdro bylo navrženo ve dvou variantách a v jejich modifikacích:

- varianta 1 – šamotové pouzdro vynášené v dalších modifikacích varianty buď mezikružnými železobetonovými deskami (tradiční řešení), nebo ocelovými prostorovými konstrukcemi (což vyhovovalo z hlediska rychlosti rekonstrukce). Dilatační spáry šamotového pouzdra jsou v návrhu opatřeny fóliovými kompenzátory;

- varianta 2 – pouzdro z oceli na celou výšku komína bez dilatací. V rámci modifikací byla zkoumána možnost použití různých druhů oceli, a to nerezové oceli (17 348) a běžné konstrukční oceli S235.

Společně s investorem byla vybrána varianta z nerezové oceli 17 348, která nejlépe vyhovovala provozu komína, v němž se podmínky mění i několikrát denně. Nerezová vložka má konstantní světlost \varnothing 2,20 m, pouze ve spodní části (\varnothing 3 m) je rozšířena v místě zaústění kouřovodu. Vložka vytváří průduch pro proudění odváděných spalin, přičemž zároveň zajišťuje ochranu železobetonového dřívku před účinky spalin po celé jeho aktivní výšce. Musí být zajištěna nezávislá tepelná roztažnost pouzdra, dřívku a ostatních konstrukcí, u nichž vlivem rozdílného zatížení teplotou a rozdílných mechanických vlastností dochází k nestejným deformacím.

Odvětrání vnitřního prostoru je zabezpečeno ventilačním systémem komína. Ten slouží třem hlavním účelům:

- udržuje nízkou teplotu prostředí mezi nosnou železobetonovou konstrukcí a průduchem, čímž je umožněn přístup do tohoto prostoru pro případnou kontrolu stavu stavby za provozu;
- udržuje v betonovém dřívku napětí od teplotního spádu na zanedbatelné úrovni;
- komín tudy odvádí případné malé množství spalin vniklých do meziprostoru při porušení celistvosti ochranného pouzdra.

Pouzdro z oceli 17 348 má průměr 2,20 m a v horní části má tl. 4 mm při vzdálenosti příčných kruhových výztuh 3 m. Spodní část kolem zaústění kouřovodů je navržena z plechu tl. 7 mm s výztuhami obvodovými i podélnými. Ve spodní části je ukončeno výsypkou. Tepelná izolace pouzdra má tl. 40 mm.

Kotvení pouzdra k železobetonové konstrukci je navrženo ve třech úrovních (na vynášecím roštu, v polovině výšky a na konci komína). Zajišťuje jeho polohu proti vodorovnému pohybu vůči železobetonovému pouzdru. Tato místa však nesmějí bránit zvětšování průměru ocelového pouzdra vlivem oteplení. Tento požadavek je nezbytné splnit, jinak v pouzdru vznikají napětí přesahující mez kluzu oceli. Protože zatížení teplotou se cyklicky opakuje, mohlo by v těchto místech dojít k málocyklové únavě materiálu.

Pouzdro vytažené 3 m nad hlavu komína je opatřené tepelnou izolací a pohledovým plechem. Svislé dilataci je přizpůsobeno oplechování hlavy komína. Samonosné pouzdro je ve spodní části uloženo na ocelovou konstrukci, která je dále kotvena do dřívku pomocí lepených kotev. Uložení na ocelovou konstrukci vynášecího roštu je řešeno přes čtyři kluzná ložiska.

Nové ocelové pouzdro bylo navrženo ze segmentů délky 6 m (obr. 3). Jednotlivé segmenty jsou vzájemně šroubovány přes příruby, mezi které byl aplikován silikonový tmel vyhovující provozním podmínkám komína, tedy především teplotám okolo 200 °C.

Požadavky na konstrukce

Ocelové pouzdro bylo navrženo podle normy [1]. Při návrhu byla uvažována třída jakosti C – základní. Konstrukce tedy musí splňovat příslušné požadavky této normy na geometrické odchylky pro uvedenou třídu jakosti.

Statický výpočet

Statický výpočet byl proveden pro všechny nově osazené části komína, zejména tedy pro konstrukci ochranného



Obr. 3. Segmenty nového ocelového pouzdra před vložením do komína

pouzdra. Původní konstrukce železobetonového dřívku komína byla posouzena pro zatížení větrem (větrná oblast III) ještě bez zatížení vloženým pouzdrům. Jde o montážní stav, který měl být podle ČSN 73 4111 [6] a ČSN 73 4110 [7] uvažován již při původním návrhu. Posudek byl proveden podle mezních stavů [2]. Dřík bez problémů vyhověl i vzhledem ke snížení tepelného spádu ve stěně při provozu komína.

Na vnitřních plošinách, tedy plošinách umístěných mezi železobetonovým dřívkem a novým ocelovým pouzdrům, bylo uvažováno s nahodilým užitným zatížením 5 kN/m^2 . Plošiny byly navrženy jako konzolově vyložené z železobetonového dřívku. Detaily konzol byly navrženy sklopné s ohledem na technologický postup prací při opravě komína (obr. 4).

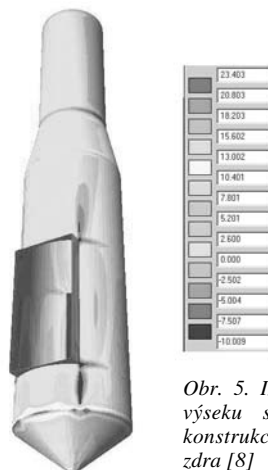


Obr. 4. Konstrukce nového ocelového vnitřního ochozu komína

Ocelové pouzdro bylo posouzeno jako skořepinová konstrukce podepřená ve spodní části komína. Z konstrukčních důvodů je jeho poloha zajištěna ve třech výškových úrovních (v místě zaústění kouřovodů, v polovině délky vložky a těsně pod hlavou). Analýza byla provedena programem NEXIS 32 [8], dodávaným firmou SCIA CZ, s. r. o. (obr. 5). K výpočtu byly použity moduly pro zjištění lineární stability skořepin a modul pro geometricky nelineární výpočet přírůstkovou metodou Newtonovou-Raphsonovou. Statická a stabilitní analýza konstrukce byly provedeny podle [1] s využitím [3] a [5].

První metodou byla analyzována horní část pouzdra tvořená válcovou skořepinou konstantní tloušťky vyztuže-

nou pravidelným rastrem obvodových výztuh. Tato část konstrukce byla posouzena pomocí Přílohy D uvedené normy [1], kde na základě specifikace tvaru válcové skořepiny včetně okrajových podmínek a materiálových charakteristik, a samozřejmě i na základě volby třídy jakosti výroby, jsou stanoveny návrhové pevnosti při boulení, a to jak pro obvodové, tak pro osové boulení. Takto stanovené hodnoty se porovnávají s výslednými napětími zjištěnými z lineární pružnostní analýzy (LA) nebo z geometricky nelineární analýzy (GNA).



Obr. 5. Izopásma napětí na výseku statického modelu konstrukce ocelového pouzdra [8]

Druhá metoda se osvědčila zejména pro posouzení skořepiny pouzdra v místě zaústění průduchů. Zde je již chování válcové skořepiny ovlivněno jak podélnými výztuhami, tak zaústěním kouřovodů. Pro tuto část byly využity výsledky analýzy lineární stability konstrukce. Na základě stanovení kritické únosnosti při boulení (z analýzy vlastních hodnot v lineárně pružném stavu) a s tím souvisejícího návrhového srovnávacího (HMH) napětí ve střednicové ploše skořepiny je stanovena návrhová pevnost při boulení, a následně i návrhová únosnost konstrukce při boulení.

Obr. 6. Pohled na komín po rekonstrukci



Další dostupnou metodou, kterou je možné využít pro analýzu boulení skořepinové konstrukce, je metoda geometricky nelineární pružnostní analýzy s uvážením imperfekce (GNIA). Jako vstupní imperfekci pro geometricky nelineární pružnostní analýzu je možné načíst některý ze stabilních tvarů konstrukce, kdy maximální hodnotě vlastního tvaru bude přiřazena například maximální dovolená výrobní úchylna daná třídou jakosti konstrukce. Brzy slibuje dostupnost tohoto způsobu analýzy konstrukce i dodavatel u nás rozšířeného statického softwaru NEXIS.

Závěr

Rekonstrukci komína bylo nutno provést v krátkém čase, daném odstávkou provozu, což se podařilo i díky řešení detailů všech nových konstrukcí ve spolupráci s dodavatelem stavby již v průběhu projekčních prací (obr. 6).

Za velký přínos navrženého řešení lze považovat skutečnost, že odsazením nového ocelového pouzdra komína od železobetonového dřívku se výrazně snížilo jeho namáhání teplotním spádem, což se projeví prodloužením životnosti rekonstruovaného objektu, zejména vyloučením vzniku trhlin na sanovaném železobetonovém dřívku. V rámci rekonstrukce došlo nejen k sekundární sanaci poruch, ale i k primárnímu "odlehčení" namáhání komína.

Projekční práce přesahující běžný rozsah byly podpořeny též výzkumným grantem č. 103/01/1009 GA ČR.

Literatura

- [1] ČSN P ENV 1993-1-6. Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-6: Obecná pravidla – Doplnující pravidla pro skořepinové konstrukce. ČSN, 2001.
- [2] Juhásová, E. – Hájek, J.: Namáhání betonových komínů a chladicích věží při dynamických účincích. Bratislava, VEDA 1990.
- [3] Křupka, V. – Schneider, P.: Konstrukce aparátů. Brno, PC-DIR 1998.
- [4] Panna, J. – Nuhlíček, P.: DOL – Špičková výtopna Olomouc – stavební úpravy komína, Beton TKS, 2003, č. 2, s. 14–17.
- [5] Singer, J. – Arbocz, J. – Weller, T.: Buckling Experiments: Experimental Methods in Buckling of Thin-Walled Structures. New York, Wiley 2002.
- [6] ČSN 73 4111 – Vysoké komíny železobetonové. ČSN, 1962.
- [7] ČSN 73 4110 – Vysoké komíny zděné. ČSN, 1961.
- [8] Program NEXIS 32 – program pro statickou, dynamickou a stabilitní analýzu konstrukcí.

Lemák, D.: Repair of a Reinforced Concrete Chimney

The repair of the reinforced concrete chimney, 100 m high, of the Špička heating plant in Olomouc involved rehabilitation of the reinforced concrete stem of the chimney and construction of a new self-supporting steel case. This article describes all steps of the chimney reconstruction and provides analysis of the related structures, particularly analysis of stability of the new steel case.

Lemák, D.: Reparatur eines Stahlbetonschornsteins

Die Reparatur eines 100 m hohen Stahlbetonschornsteins des Heizwerks Olomouc bestand in der Sanierung des Stahlbetonschaftes des Schornsteins und in der Herstellung eines neuen selbsttragenden Stahlmantels. Im Artikel werden die einzelnen Arbeitsschritte der Schornsteinsanierung und die damit zusammenhängenden Analysen der Stabilität des neuen Stahlmantels beschrieben.

20. česká a slovenská mezinárodní konference

Ocelové konstrukce a mosty 2003

17. – 20. září 2003

Fakulta stavební ČVUT v Praze

20. česká a slovenská mezinárodní konference „Ocelové konstrukce a mosty 2003“ navazuje na tradici konferencí o ocelových konstrukcích pořádaných v bývalém Československu, která počíná rokem 1953. Cílem je umožnit vzájemné setkání pracovníkům oboru ocelových konstrukcí a dát prostor k výměně informací o nových poznatcích a výzkumu, zkušenostech s výrobou a montáží konstrukcí, normalizační činnosti a realizovaných konstrukcích. Očekávají se též příspěvky související s protikorozi a protipožární ochranou ocelových konstrukcí. Referáty zahraničních účastníků mají dát konferenci i širší pohledy na obor.

Témata

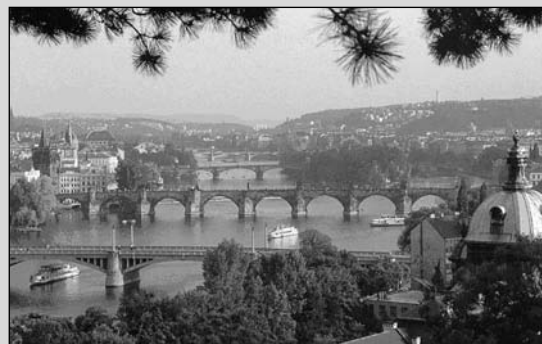
- realizované konstrukce
- materiál, výroba, montáž, kvalita, požadavky, standardy
- navrhování, teorie a výsledky výzkumu, normalizace
- diagnostika, údržba, rekonstrukce, ochrana proti korozi a požáru

Jednacími jazyky jsou čeština, slovenština, angličtina (pro zahraniční referáty bude vyhrazen zvláštní blok přednášek), bez překladatelů. Účastníci konference z ČR získají 3 body do systému celoživotního vzdělávání ČKAIT, ze Slovenska 3 body do systému celoživotního vzdělávání SKSI.

Vložené 3 500 Kč zahrnuje registrační poplatek, účast na konferenci, sborník, propagační materiály, občerstvení o přestávkách a obědy ve dnech 18. a 19.9.02. Ubytování, společenská večere a exkurze nejsou zahrnuty do vloženého.

Přihlášky je možné poslat na adresu: SUZ ČVUT, Kongresové oddělení, Masarykova kolej, Thákurova 1, 160 41 Praha 6, nebo elektronicky na adresu: congress@suz.cvut.cz.

Sekretariát konference: ČVUT – Fakulta stavební, Katedra ocelových konstrukcí, Thákurova 7, 166 29 Praha 6, tel.: 224 354 772, fax: 233 337 466, e-mail: kalinova@fsv.cvut.cz, www.fsv.cvut.cz/OK2003/

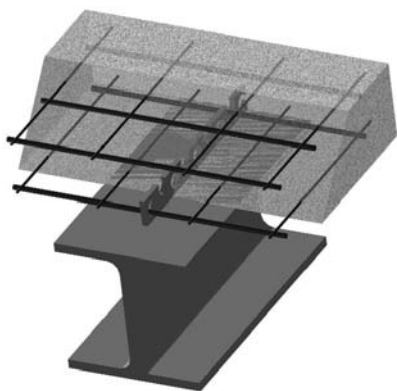


Experimenty s opakovaným namáháním spráhovací lišty

prof. Ing. Jiří STUDNIČKA, DrSc.
ČVUT – Fakulta stavební
Praha

V kompozitních ocelobetonových konstrukcích se používají různé spráhovací prostředky. Pro mosty je nutné znát jejich návrhovou únosnost při únavě. V článku jsou publikovány výsledky získané na protlačovacích vzorcích pro perforovanou lištu 100/60 mm při působení opakovaného harmonického zatížení.

Kompozitní konstrukce využívající obou hlavních stavebních materiálů, betonu a oceli, jsou poměrně časté i v mostním stavitelství. Betonová deska mostovky nebo betonový žlab kolejového lože se spojí s ocelovým nosníkem do kompozitní (nebo, jak se u nás tradičně říká, spřažené) ocelobetonové konstrukce a vznikne staticky výhodný nosný prvek. Ten je navíc velmi trvanlivý, protože je jednoduchý a jsou u něj odstraněny všechny možné zdroje poruch, jako jsou např. nedokonalé zaplněné kanálky pro předpínací výztuž apod., srovnáváme-li kompozitní konstrukci kupř. s často v mostech využívaným předpjatým betonem.



Obr. 1. Spřažení pomocí lišty

Pro spojení monolitické betonové desky s ocelovým nosníkem se používají nejrůznější spráhovací prvky, pro mosty s deskou vybetonovanou přímo na pásnici nosníku se osvědčuje např. perforovaná (děrovaná) spráhovací lišta (obr. 1). Koutovým svarem se přivaří na horní pásnici nosníku a beton desky zateče do jejích otvorů, čímž vzniknou betonové roubíky přenášející podélnou smykovou sílu vznikající při zatížení nosníku mezi jeho ocelovou a betonovou částí. Lišta může mít téměř libovolný tvar a její únosnost lze kromě toho výrazně zvyšovat betonářskou výztuží provlečenou otvory.

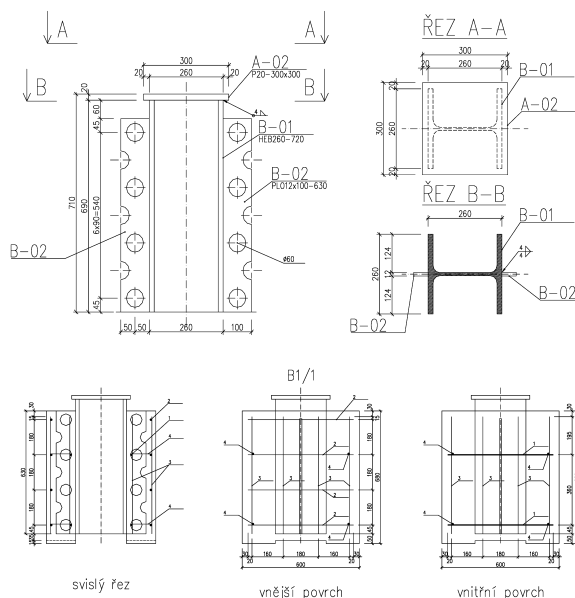
Na pracovišti autora probíhá již řadu let experimentální i teoretický výzkum dvou typů lišty (výška 50 a 100 mm). Dosud byla publikována statická únosnost obou typů a je rozpracován teoretický model porušení lišty, s jehož pomocí se v budoucnosti plánuje předpovídat únosnost jakéhokoli tvaru lišty. Podrobnosti jsou uveřejněny česky např. v [1], [2], [3], anglicky v [4], [5], [6].

Použije-li se ovšem spřažení lištou v mostním stavitelství, je potřeba znát nejen statickou, ale také únavovou únosnost tohoto typu spřažení. Vzhledem k připevnění lišty na pásnici podélným koutovým svarem se dá sice předpokládat, že únavová únosnost bude vysoká (s tímto heslem se také spřažení lištou uvádělo kdysi v Německu do praxe [7], [8]), exaktní údaje však nebyly nikdy publikovány.

V předloženém příspěvku jsou shromážděny údaje získané ze tří experimentů provedených v průběhu minulých let s perforovanou lištou výšky 100 mm s otvory průměru 60 mm a při působení opakovaného zatížení. Jde o vůbec první výsledky tohoto druhu na světě.

Únavové zkoušky

Únavové zkoušky byly provedeny v období 2001–2003 na standardních, tzv. protlačovacích (push-out) vzorcích vyhotovených podle obr. 2. Pro výzkum byla použita vyšší ze dvou dosud na ČVUT zkoumaných lišt, použitelná do desek tloušťky okolo 200 mm, což je rozměr vhodný pro mosty. Lišta má výšku 100 mm a jsou v ní otvory průměru 60 mm vzájemně vzdálené 180 mm. Všechny rozměry zkušební vzorku jsou zřejmé z obr. 2.



Obr. 2. Zkušební vzorek

Vyzkoušeny byly celkem tři identické vzorky s poměrně slabým vyztužením (0,25 mm²/mm, mez kluzu výztuže 490 MPa) a betonem s nominální válcovou pevností 40 MPa. Vyztužením se myslí veškerá výztuž procházející otvory v liště rozpočítaná na délku lišty. Kromě toho je betonová část vzorku slabě vyztužena sítí.

Ve skutečnosti se přirozené vlastnosti betonu zjišťované v době zkoušky u jednotlivých vzorků nepatrně lišily (tab. 1), ale rozdíly jsou nepodstatné.

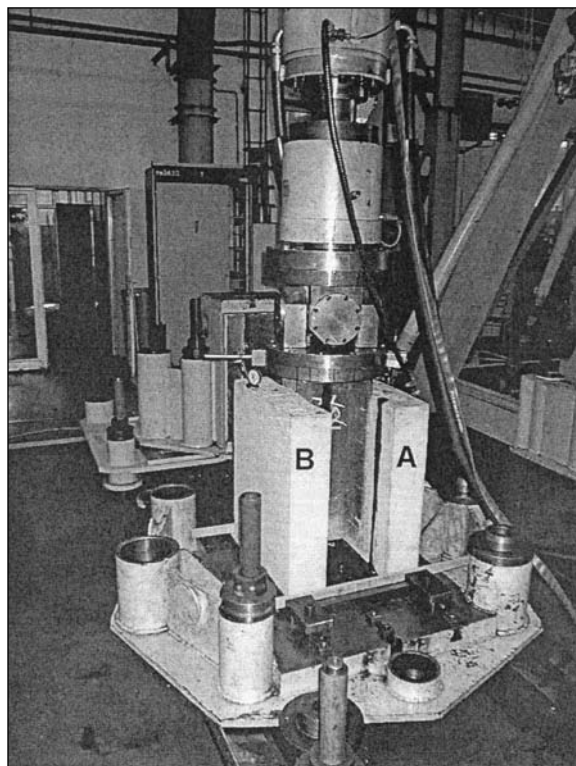
Tab. 1. Pevnost betonu před zkouškou (průměr ze tří hodnot)

Vzorek	Válcová pevnost v tlaku	Pevnost v tahu na krychlích
	[MPa]	
B1/1	38,3	3,8
B2/1	36,8	3,1
B3/1	35,6	2,7

Všechny zkoušky byly provedeny v dynamické zkušebně Škoda výzkum, s. r. o., v Plzni. Uspořádání zkoušky je zřejmé z obr. 3. K vyvození zatěžovací síly byl použit hydraulický válec s řídicí elektronikou Schenck. Při zkoušce byl měřen posun mezi betonovou deskou a ocelovým profilem na obou stranách zkušební vzorku a bylo zaznamenáváno šíření trhlinek na povrchu betonových částí vzorků.

Každý vzorek byl zatěžován harmonicky proměnným zatížením tlakovou silou, přičemž minimum bylo nastaveno co nejnižší podle možnosti zkušebny (cca 5 kN) a maximum se u jednotlivých vzorků lišilo. Při zkouškách byl rozhodující veličinou rozkmit zatížení $\Delta F = F_{\max} - F_{\min}$. Harmonicky proměnné zatížení se podařilo do prvního a třetího vzorku vnášet s frekvencí 3 Hz, do druhého vzorku s frekvencí 4,5 Hz.

Při všech zkouškách se na povrchu betonových částí zkušební vzorku prakticky od počátku zkoušky objevily vlasové trhliny, které se v průběhu zkoušky prodlužovaly a globálně sledovaly směr lišty (obr. 4, obr. 5). U vzorků B1/1 a B3/1, které se při únavové zkoušce zcela porušily, došlo i k únavovému lomu na okraji lišty (obr. 6). Vzorek B2/1 s nejmenším zatížením byl vystaven více než 2,4 mil. cyklů bez porušení.



Obr. 3. Záběr ze zkoušky v dynamické zkušebně Škoda výzkum

Zkoušky byly velmi nákladné a protože rozpočet autora tohoto příspěvku na výzkum byl omezený, byly zkoušky prozatím ukončeny.



Obr. 4. Trhlinky v betonovém bloku B3/1



Obr. 5. Porušený vzorek B3/1 po zkoušce

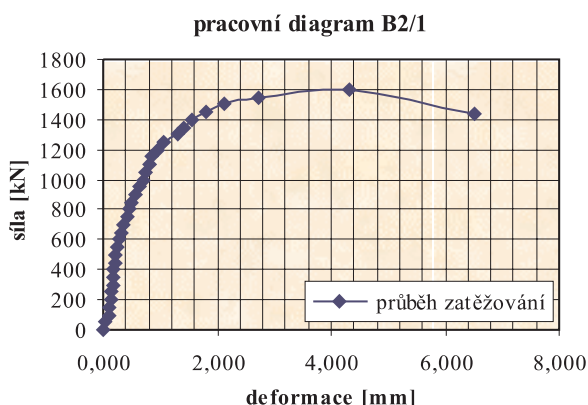
Obr. 6. Vzorek B3/1 po zkoušce
(vlevo je vidět odlomený okraj lišty)

Závěr

Z provedených zkoušek vyplývá, že při použití lišty 100/60, betonu pevnosti odpovídající přibližně C40 a poměrně slabém vyztužení (plocha vyztuže procházející otvory je $0,25 \text{ mm}^2/\text{mm}$) lze únavovou únosnost (rozkmit) odpovídající $2 \cdot 10^6$ cyklů uvažovat asi 450 kN na vzorek, což odpovídá asi 375 kN/m lišty. Tuto hodnotu považujeme za bezpečnou, neboť podle výsledků zkoušek (viz např. obr. 6) je vidět, že u protlačovací zkoušky dochází k přemáhání konce lišty, které u skutečné konstrukce nebude.

Zjištěná únosnost lišty podle [9] či [10] přibližně odpovídá únavové únosnosti trnů průměru 18 mm, rozmístěných v jedné řadě po vzdálenosti 120 mm. Zmíněná velikost smykového toku, který je lišta schopna převzít, se zdá být pro většinu praktických případů silničních mostů dostačující. Pro více zatížené mosty, kde se velikost smykového toku může podle [11] dostat až k 500 kN/m, bude pravděpodobně nutné mírně zvětšit množství vyztuže procházející lištou.

Obr. 7. Výsledek statické zkoušky vzorku B2/1 a průběh trhlinek v betonu



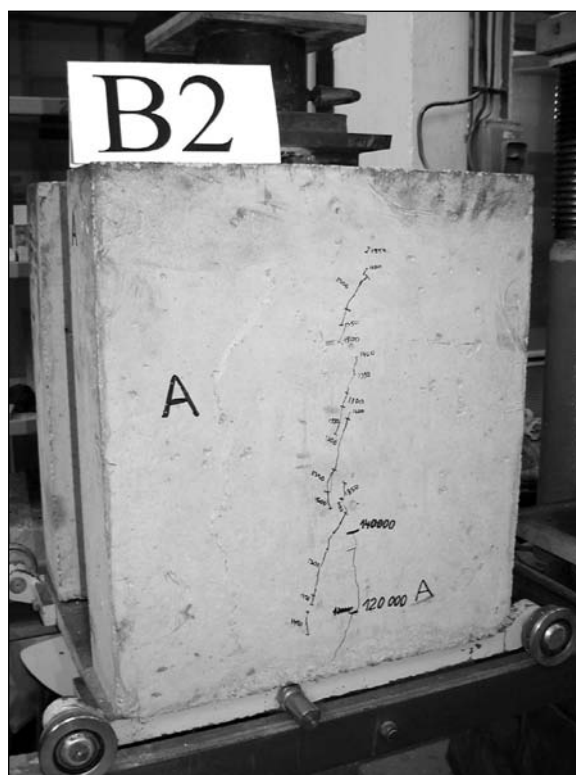
Výsledky

Cílem zkoušek bylo zjistit (z minimálního počtu tří vzorků) alespoň přibližnou únavovou pevnost odpovídající počtu cyklů $2 \cdot 10^6$. Postup byl u všech tří vzorků takový, že se pro zvolený rozkmit ΔF pulzovalo až do porušení vzorku nebo do dosažení zmíněného počtu cyklů. Výsledky zkoušek jsou v tab. 2.

Tab. 2. Výsledky zkoušek s opakovaným zatížením

Vzorek	Rozkmit [kN]	Počet cyklů do porušení	Poznámka
B1/1	460	808 000	–
B2/1	300	2 400 000	k porušení nedošlo
B3/1	450	1 909 000	–

Neporušený vzorek B2/1 byl po zkoušce v Plzni převezen do Prahy a v laboratoři ČVUT zatížen staticky až do porušení. Výsledek statické zkoušky je vyneseno na obr. 7 vlevo. Vynáší se jako obvykle závislost posunu betonové desky po ocelovém průřezu na působící síle. Při porovnání s obdobným pouze staticky zkoušeným vzorkem (viz např. [5]) se ukázalo, že se vzorek prošel únavovým testem nejlépe jako staticky zeslabený. Naopak, únosnost při statické zkoušce byla vyšší než u panenských vzorků, a zejména tažnost spřažení byla velmi uspokojivá. Z jedné zkoušky ovšem tuto zkušenost nelze zobecnit.



Z předchozích výzkumů totiž vyplynulo, že statická únosnost lišty se dá výrazně zvýšit množstvím výztuže procházející otvory. Jsme přesvědčeni, že to bude platit i pro únavovou únosnost, vědecké podklady pro kvantifikaci tohoto jevu však dosud nemáme. V současnosti se na autorově pracovišti připravuje teoretický model porušení spřažení lištou při statickém (J. Samec) i opakovaném zatížení (J. Mareček). Budou-li tyto modely odladěny a kalibrovány, bude v připravovaných parametrických studiích možné vliv vyztužení lépe sledovat.



Obr. 8. Most přes Labe u Lysé nad Labem

Skutečnost, že není dokončen výzkum únavové únosnosti spřahovací lišty, nebrání jejímu používání na silničních mostech. I velmi bezpečně uvažované únosnosti zde postačují pro přenesení vznikajících sil při opakovaném zatížení. Jako příklad uvádíme most Litol (obr. 8), kde jsou spřaženy příčníky s deskou mostovky. Most projektoval Ing. A. Pechal, CSc. [12].

Experimentální výzkum lišty při opakovaném namáhání probíhal s podporou grantů č. 103/99/0003 a č. 103/02/0008 GA ČR, částečně byl podpořen i výzkumným záměrem VZ1 Fakulty stavební ČVUT dotovaným Ministerstvem školství a tělovýchovy ČR.

Literatura

- [1] Studnička, J. – Macháček, J.: Spřahovací prvky pro ocelobetonové konstrukce, *Stavební obzor*, 10, č. 7, 2001, s. 193.
- [2] Studnička, J.: Ocelobetonové konstrukce 20. ČVUT Praha, 2002.
- [3] Studnička, J.: Ocelové a ocelobetonové konstrukce. ČKAIT, 2000.
- [4] Macháček, J. – Studnička, J.: Perforated Shear Connectors, *Steel and Composite Structures*, No. 1, 2002.
- [5] Macháček, J. – Studnička, J.: Stahlbetontrager mit Perforated-Leiste, *Stahlbau*, No. 1, 1998.
- [6] Studnička, J. – Samec, J.: Perforated Connector for Composite Steel and Concrete Beams. *Proceedings of SDSS 2002 Colloquium*, Budapest, 2002.
- [7] Leonhardt, F. – Andra, W. – Andra, H. P. – Harre, W.: Neues, vorteilhaftes Verbundmittel für Stahlverbund Tragwerke mit hoher Dauerfestigkeit. *Beton und Stahlbetonbau*, 1987.
- [8] Andra, H. P.: Economical Shear Connectors with High Fatigue Strength. *IABSE Conf. Report*, Brussels, 1990.
- [9] ČSN P ENV 1994-2: Navrhování spřažených ocelobetonových konstrukcí, část 2: Ocelobetonové spřažené mosty. ČSN, 1998.
- [10] prEN 1994-2 Design of Composite Steel and Concrete Composite Structures, Part 2, Rules for Bridges (stage 34). CEN, Brussels 2003.
- [11] Rovňák, M.: Spolahlivost perforovaných a hřebeňových spřahovacích pásov. [Habilitationní práce], TU Košice, 2003.
- [12] Pechal, A. – Konečný, V. – Neuvald, P.: Projekty realizovaných mostů. [Sborník], 20. česko-slovenská konference „Ocelové konstrukce a mosty 2003“, Praha, 2003.

Studnička, J.: Push-Out Fatigue Tests of the Perforated Connector

Different connection elements are used in composite steel and concrete beams. For bridge design it is also necessary to know the fatigue load capacity of connection elements. This paper shows the results obtained for perforated connector 100/60 mm during push-out fatigue tests under harmonic loading.

Studnička, J.: Versuche mit wiederholter Beanspruchung einer Zahnleiste

In Stahlbeton-Kompositbauteilen werden verschiedene Verbundmittel angewendet. Für Brücken muss ihre zulässige Tragfähigkeit bei Ermüdung bekannt sein. Im Artikel werden Ergebnisse publiziert, die an abgedrückten Probekörpern für eine Leiste 100/60 mm bei Einwirkung einer wiederholten harmonischen Belastung ermittelt wurden.

Česká společnost pro ocelové konstrukce a Slovenská spoločnosť pre ocelové konštrukcie vyhlasujú pri príležitosti konaní 20. české a slovenské konferencie

Ocelové konstrukce a mosty 2003

17. až 20.9.2003 v Praze

10. ročník soutěže

O nejlepší realizovanou stavbu s ocelovou konstrukcí v ČR a SR v období 2000–2003

Kategorie:

- mosty, věže a stožáry
- průmyslové a technologické konstrukce, rekonstrukce
- občanské a sportovní stavby

Informace:

I. K. SKYVA, s. r. o., Ing. Jiří Skyva, Skořepka 4, 602 00 Brno

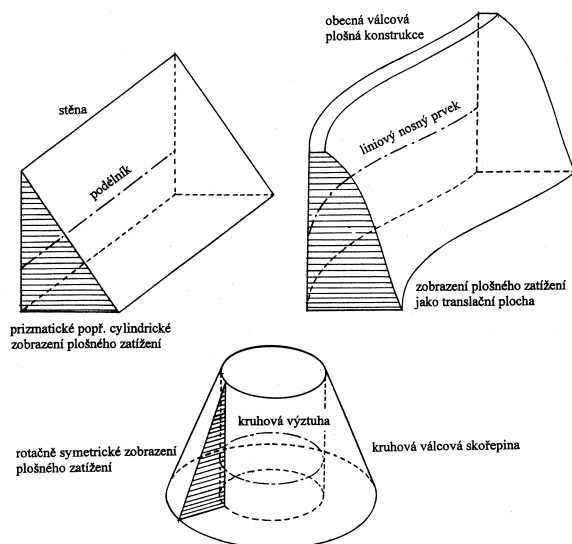
Vyztužování vybraných plošných konstrukcí stejně namáhanými liniovými nosnými prvky

Ing. Radimír NOVOTNÝ, DrSc.
 ČVUT – Fakulta stavební
 Praha

Cílem příspěvku je podání praktického a jednoduchého návodu, jak stanovit rozmístění konečného počtu nosných liniových prvků rovinné, resp. válcové plošné konstrukce, která čelí obecně danému spojitému zatížení cylindrického, resp. translačního rozložení s površkami, resp. rovnoběžkami souhlasně vzhledem k nim orientovanými tak, aby nosníky byly vystaveny namáhání stejné intenzity. Článek ukazuje (početním i grafickým způsobem) zejména situování těchto nosných prvků vzhledem k zatížení s lineárním nárůstem, které má v technické praxi mimořádnou důležitost.

1. Úvod

V technické praxi bývá často třeba rozmístit ztužující či nosné liniové prvky plošné konstrukce tak, aby byly rovnoměrně (tj. stejně nebo alespoň přibližně stejně) namáhány. Tato úloha bývá „téměř vždy“ řešitelná graficky (a obvykle „dobře“ schůdná i analyticky), je-li prostorový zatěžující obrazec plošné konstrukce reprezentován „rozumnou“ válcovou, popř. translační či rotačně symetrickou plochou s površkami, popř. rovnoběžkami, které jsou v případě rovinné konstrukce rovnoběžné vzhledem k nosným prvkům a v případě válcové stěny nebo valby jsou k nim v paralelním postavení (obr. 1). Předpokládá se tedy, že plošná konstrukce je rovinná (stěna či deska) nebo válcového typu.



Obr. 1. Vyšetřované plošné konstrukce s liniovými nosnými prvky a způsob jejich celoplošného zatížení (typické příklady)

Tento statický požadavek vyplývá buď z okolnosti, že jsou k dispozici jen identické nosné prvky (jak co do jakosti materiálu, tak velikosti a tvaru příčného průřezu), takže se jaksí přirozeně předpokládá konstantní tloušťka nosné plochy, anebo z nějakého důvodu není přípustné měnit

tloušťku plošné konstrukce s nosnými zabudovanými výtuhami (např. v souladu s mírou zahlobení pod úroveň dotlačujícího média). Uvedme, že pro obecné (tedy necylindrické, popř. nikoli translační či rotačně symetrické) zatížení plošné konstrukce (tím méně ovšem s obecně definovanou střednicí) s liniovými výtuhami zpravidla požadované řešení neexistuje.

Je zřejmé, že (kromě jednoznačně vymezeného geometrického uspořádání konstrukce) existence řešení bude podmíněna i stálostí zatížení, a proto předpokládáme jeho pevně danou „meridiánovou“ funkci, viz vyšrafované plochy v obr. 1. Jinak řečeno, každý jiný zatěžující stav než výchozí, daný, by nutně způsobil nestejnosti v namáhání pevně instalovaných nosných liniových prvků, což ovšem z našich úvah vylučujeme. Pokud jde o tyto nosné paralelní prvky, uvažujeme dále, že jejich vzájemná vzdálenost je podstatně menší než jejich délka (rozpětí), což je splněno tím spíše, čím vyšší je jejich četnost na danou výšku plošné konstrukce. Tato skutečnost ukazuje mimo jiné i na to, že konstrukční výška uvažovaných nosníků vychází značně větší než konstrukční tloušťka (jimi podporované) plochy. Upozorníme kromě toho, že řešený problém může naleznout široké uplatnění jak u konstrukcí ze stejného materiálu (železobetonu, oceli, dřeva), tak u materiálově kombinovaných, spřažených konstrukcí (ocel versus dřevo, resp. železobeton, apod.), které jsou přeci jen méně sourodé. Tyto okolnosti odůvodňují statickou dominanci nosníků proti nosné ploše, takže zanedbání jejich vzájemné interakce lze pokládat za „přijatelné“. Naproti tomu je vhodné zdůraznit, že určit rozložení konečného počtu nestejně tuhých nosných liniových prvků tak, aby bylo dané zatížení na ně stejnoměrně distribuováno, představuje mnohem složitější (staticky neurčitou) úlohu. Právě tento fakt odůvodňuje předpoklad použití identických liniových prvků, které je v praxi tak časté a nabízí relativně velmi snadné řešení, jež je v příspěvku předloženo.

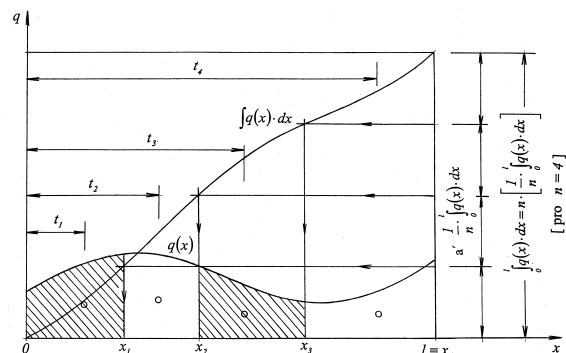
Naznačená úloha se může týkat např. trámových stropů zatížených sypaninou s rozložením materiálu podle zavedených předpokladů, železobetonových suterénních či opěrných stěn (vyztužených, popř. nevyztužených, vodorovnými trámy nebo žebry) s působností v horizontálním směru a vystavených zemním tlakům, stavidel a tabulových pohyblivých jezů vzdorujících hydrostatickému tlaku, svislých kruhových válcových či obecně cylindrických nádrží vyplněných nějakým kapalným nebo sypkým médiem apod.

Protože řešení úlohy je jak pro rovinné, tak pro válcové liniově vyztužené nosné plochy analogické, zaměříme se na odvození potřebných zákonitostí a jejich výklad právě na jednodušším rovinném útvaru.

2. Stanovení příčných intervalů pro stejné zatížení liniových prvků v podélném směru a lokalizace podélníků

Uvažujme o rovinném nosném útvaru, např. desce vyztužené podélníky (přímými liniovými nosníky), která je ve své celé šířce l zatížena válcovým spojitým zatížením

s površkami ve směru podélníků. Nechť je kolmý řez (vzhledem k podélníkům) „zatěžujícího cylindru“ definován spojitou funkcí zatížení $q(x)$, viz obr. 2. Nyní půjde o to, aby



Obr. 2. Stejně rozložení zatížení na podélníky pro $n = 4$

každý podélník přenášel stejnou část zatížení, neboli je třeba nalézt hranice x_j konečných intervalů, v jejichž mezích platí rovnoplochosť lichoběžníků s jednou (obecně) zakřivenou stranou

$$\int_0^{x_1} q(x) \cdot dx = \dots = \int_{x_{j-1}}^{x_j} q(x) \cdot dx = \dots = \int_{x_{j+1}}^{x_{j+2}} q(x) \cdot dx = \dots = \int_{x_{n-1}}^l q(x) \cdot dx = \frac{1}{n} \cdot \int_0^l q(x) \cdot dx$$

s tím, že v jejich těžišti budou situovány jednotlivé podélné nosníky, $j = 1, 2, 3, \dots, n$. Jinak řečeno, hledají se souřadnice x_j takové, aby vyhovovaly ekvivalentní podmínce

$$\int_0^{x_j} q(x) \cdot dx = \frac{j}{n} \cdot \int_0^l q(x) \cdot dx, \quad (1)$$

přičemž

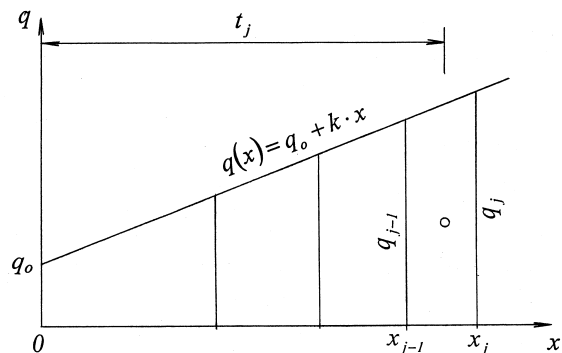
$$\sum_{j=1}^n (x_j - x_{j-1}) = l.$$

Polohy t_j celkově n těžišť dále vyplývají podle Varignonovy věty ve vztahu

$$t_j = \frac{\int_{x_{j-1}}^{x_j} q(x) \cdot x \cdot dx}{\int_{x_{j-1}}^{x_j} q(x) \cdot dx}, \quad (2)$$

přičemž $t_j \in (x_{j-1}; x_j)$ a za x_0 je třeba brát $x_0 = 0$. Poznamenejme, že integrální křivka $Q(x) + C = \int q(x) \cdot dx + C$ na obr. 1 byla volena tak, aby procházela počátkem 0, neboli odpovídá integrační konstantě $C = 0$. Evidentně je totiž

$$\frac{d[Q(x) + C]}{dx} = q(x).$$



Obr. 3. Stejně rozložení lineárně vzrůstajícího zatížení $q(x) = q_0 + k \cdot x$ na podélníky pro $n = 4$

3. Příčné intervaly a lokalizace stejně namáhaných podélníků pro zatížení s lineárním růstem intenzity

Uvažujme nyní o speciálním „zatěžujícím cylindru“, totiž o hranolu (prismatu), v jehož podstavě ležící kolmo na podélníky je definována jeho řídicí čára funkcí zatížení $q(x) = q_0 + k \cdot x$ (obr. 3). Aplikací obecné podmínky (1) snadno dojdeme k n čtyřparametrovým kvadratickým rovnicím (nezávislémi parametry jsou veličiny q_0 , k , l a n , které obvykle volíme)

$$q_0 \cdot x_j + \frac{1}{2} \cdot k \cdot x_j^2 = \frac{j}{n} \cdot \left(q_0 \cdot l + \frac{1}{2} \cdot k \cdot l^2 \right), \quad (1a)$$

z nichž vyplývá postupně n reálných řešení

$$x_j = \frac{\sqrt{q_0^2 + \frac{2 \cdot k \cdot j}{n} \cdot \left(q_0 \cdot l + \frac{1}{2} \cdot k \cdot l^2 \right)} - q_0}{k}, \quad (3)$$

$j = 1, 2, 3, \dots, n$. Poznamenejme, že počáteční tlak q_0 může být reprezentován pro případ hydrostatických úloh např. atmosférickým tlakem, kdy $k = 1$, zatímco v případě problematiky zemních tlaků počáteční horizontální tlak q_0 vyplývá z přitížení úrovně terénu určitým nenulovým vertikálním zatížením a parametr k má význam součinitele bočního tlaku (aktivního, klidového, popř. pasivního).

Označíme-li nyní $q_j = q(x_j)$, snadno dojdeme ke vztahu

$$q_j = \sqrt{q_0^2 + \frac{2 \cdot k \cdot j}{n} \cdot \left(q_0 \cdot l + \frac{1}{2} \cdot k \cdot l^2 \right)}. \quad (4)$$

Kromě toho lze podmínku (2) vyjádřit rovnicí

$$\begin{aligned} \frac{1}{2} \cdot (q_j - q_{j-1}) \cdot (x_j - x_{j-1}) \cdot \left[x_{j-1} + \frac{2}{3} \cdot (x_j - x_{j-1}) \right] + \\ + q_{j-1} \cdot (x_j - x_{j-1}) \cdot \left[x_{j-1} + \frac{1}{2} \cdot (x_j - x_{j-1}) \right] = \\ = \frac{q_{j-1} + q_j}{2} \cdot (x_j - x_{j-1}) \cdot t_j. \end{aligned}$$

Z ní po úpravě dostaneme předpis

$$t_j = \frac{q_{j-1} \cdot (x_{j-1} + x_j) + (q_j - q_{j-1}) \cdot \frac{1}{3} \cdot (x_{j-1} + 2 \cdot x_j)}{(q_{j-1} + q_j)} \quad (2a)$$

platný pro předpokládané „lichoběžníkové“ zatížení dané rovnicí $q(x) = q_0 + k \cdot x$. Poznamenejme, že rovněž vztah (2a) si podrží svůj čtyřparametrový charakter.

Zaměříme se nyní na „trojúhelníkové“ zatížení definované předpisem $q(x) = k \cdot x$ neboli předpokládáme, že $q_0 = 0$. Tehdy rovnice (1) přejde na jednoduchý tvar

$$\frac{1}{2} \cdot k \cdot x_j^2 = \frac{j}{2 \cdot n} \cdot k \cdot l^2, \quad (1b)$$

z něhož je zřejmé, že platí

$$x_j = l \cdot \sqrt{\frac{j}{n}}. \quad (3a)$$

Jednoduchý dvojparametrový vzorec (3a) je speciálním případem vztahu (3). Všimněme si, že při jeho odvození bylo možné (v důsledku „vynechání“ q_0) eliminovat rovněž parametr k . Uvedme pro úplnost, že pro předpokládané „trojúhelníkové“ zatížení přechází vztah (4) v jednoduchou rovnici

$$q_j = q(x_j) = k \cdot l \cdot \sqrt{\frac{j}{n}} = k \cdot x_j. \quad (4a)$$

Členění (příčného) intervalu l na jednotlivé úseky $x_j - x_{j-1}$ při lineárním zatížení $q(x) = k \cdot x$ platném pro všechna

Tab. 1. Poměrné souřadnice x_j/l přisuzující stejné zatížení podélníkům z příčných úseků $\langle x_j - x_{j-1} \rangle$ při zatížení $q = k \cdot x$ platném pro všechna $x \in \langle 0; l \rangle$; $j = 1, 2, \dots, n = 10$

n	x_j/l									
	x_1/l	x_2/l	x_3/l	x_4/l	x_5/l	x_6/l	x_7/l	x_8/l	x_9/l	x_{10}/l
1	1									
2	0,7071	1								
3	0,5774	0,8165	1							
4	0,5	0,7071	0,866	1						
5	0,4472	0,6325	0,7746	0,8944	1					
6	0,4082	0,5774	0,7071	0,8165	0,9129	1				
7	0,378	0,5345	0,6547	0,7559	0,8452	0,9258	1			
8	0,3536	0,5	0,6124	0,7071	0,7906	0,866	0,9354	1		
9	0,3333	0,4714	0,5774	0,6666	0,7454	0,8165	0,8819	0,9428	1	
10	0,3162	0,4472	0,5477	0,6325	0,7071	0,7746	0,8367	0,8944	0,9487	1

$x \in \langle 0; l \rangle$ tak, aby na nich byly podélníky exponovány stejně, je možné v důsledku jednoduchosti vztahu (3a) tabelovat (tab. 1).

Uplatníme-li nyní vzorec (4a) pro vztah (2a), dojdeme po úpravě k předpisu pro stanovení n těžišť t_j „rovnoplochých“ (obecně) lichoběžníků o velikosti ploch $(k \cdot l^2)/(2 \cdot n)$, na něž se rozpadá pravoúhlý trojúhelník se základnou délkou l . Jinak řečeno, získáváme „lokalizační“ vzorce pro polohu stejně namáhaných podélníků, totiž

$$t_j = x_{j-1} + \frac{(x_j - x_{j-1}) \cdot (2 \cdot x_j + x_{j-1})}{3 \cdot (x_j + x_{j-1})} \quad (2b)$$

Lze se snadno přesvědčit, že z (2b) ovšem také vyplývá

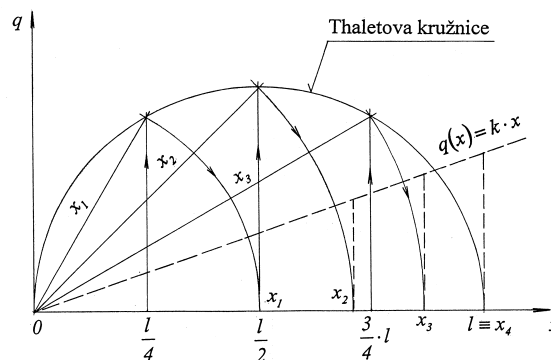
$$\frac{t_j}{l} = \frac{x_{j-1}}{l} + \frac{\left(\frac{x_j - x_{j-1}}{l}\right) \cdot \left(2 \cdot \frac{x_j}{l} + \frac{x_{j-1}}{l}\right)}{3 \cdot \left(\frac{x_j}{l} + \frac{x_{j-1}}{l}\right)} \quad (2c)$$

Alternativní vyjádření (2c) lze s výhodou využít vzhledem ke strukturování tab. 1 k tabelování poměrných těžišťových souřadnic t_j/l pro $j = 1, 2, \dots, n = 10$, viz tab. 2.

Poznamenejme (ověrme), že s ohledem na vzorec (2b) pro $j = n = 1$, kdy $x_{j-1} = 0$ a $x_j = l$ (viz výše), vychází $t_1 = 2/3 \cdot l$, což je ve shodě se skutečností (jde o trojúhelníkové zatížení).

Členění obtíženě šířky l na n stejně zatížených intervalů pro obecnou funkci zatížení $q = q(x)$ platnou v celém oboru $\langle 0; l \rangle$ [viz vzorec (1) a z něho odvozené vztahy (3) a (3a)] bylo dosud evidentně založeno na vlastnostech neurčitých a

určitých integrálů v Cauchyově–Riemannově smyslu. Avšak např. k odvození vzorce (3a) není bezpodmínečně nutné používat principy infinitezimálního (integrálního) počtu; jednak výchozí vztah (1b) okamžitě vyplývá z pouhého geometrického názoru a jednak z něho vyplývající vzorec (1c) lze interpretovat geometricky, a sice s využitím vlastností Thaletovy kružnice a Euklidovy věty o odvěsnách (obr. 4).



Obr. 4. Stejně rozložení lineárního zatížení $q = k \cdot x$ pomocí Thaletovy kružnice a Euklidovy věty o odvěsnách pro $n = 4$

Zřejmě totiž platí

$$x_j^2 = \frac{j}{n} \cdot l^2 = \left(\frac{j}{n} \cdot l\right) \cdot l, \quad (1c)$$

což je vlastně znění avizované Euklidovy věty, takže stanovení n „dělicích“ bodů x_j lze provést jednoduchou geometrickou konstrukcí (obr. 4).

Tab. 2. Poměrné souřadnice t_j/l těžišť úseků $\langle x_j - x_{j-1} \rangle$ za okolností podle tab. 1

n	t_j/l									
	t_1/l	t_2/l	t_3/l	t_4/l	t_5/l	t_6/l	t_7/l	t_8/l	t_9/l	t_{10}/l
1	0,6666									
2	0,4714	0,8619								
3	0,3849	0,7038	0,9113							
4	0,3333	0,6095	0,7892	0,9346						
5	0,2981	0,5452	0,7059	0,8359	0,9482					
6	0,2721	0,4976	0,6444	0,7631	0,8656	0,9571				
7	0,252	0,4607	0,5966	0,7065	0,8014	0,8861	0,9634			
8	0,2357	0,431	0,5581	0,6609	0,7496	0,8289	0,9011	0,9681		
9	0,2222	0,4063	0,5262	0,6231	0,7067	0,7815	0,8496	0,9127	0,9717	
10	0,2108	0,3854	0,4991	0,5911	0,6705	0,7414	0,806	0,8659	0,9218	0,9746

Zastavme se ještě u jedné zajímavé vlastnosti „dělicích“ bodů x_j (obr. 4). Podmínku „rovnoplochého“ rozdělení uvažovaného „trojúhelníkového“ zatížení můžeme po úpravě zapsat pomocí n rovnic

$$\begin{aligned} x_1^2 &= (x_2 + x_1) \cdot (x_2 - x_1) = \dots = (x_j + x_{j-1}) \cdot (x_j - x_{j-1}) = \dots = \\ &= (x_n + x_{n-1}) \cdot (x_n - x_{n-1}) = \frac{x_n^2}{n}, \end{aligned} \quad (5)$$

kde $x_n = l$, $j = 1, 2, 3, \dots, n$, čili vztahy

$$x_1^2 = x_2^2 - x_1^2 = x_3^2 - x_2^2 = \dots = x_j^2 - x_{j-1}^2 = x_n^2 - x_{n-1}^2 = \frac{x_n^2}{n}, \quad (5a)$$

z nichž lze postupně stanovit

$$x_1 = \sqrt{\frac{1}{n}} \cdot x_n \quad (3a), \quad x_2 = \sqrt{2} \cdot x_1, \quad x_3 = \sqrt{3} \cdot x_1, \quad \dots, \quad x_j = \sqrt{j} \cdot x_1,$$

neboli obecně

$$x_j = \sqrt{j} \cdot x_1. \quad (6)$$

Vztah (6) udává jakýsi proporční vztah mezi „dělicími“ body x_1 a x_j , a to bez ohledu na „jemnost“ n členění úseku délky l ; je tedy polohově geometrickou formulí. Správnost rovnice (6) lze verifikovat na údajích z tab. 1.

Snadno se můžeme přesvědčit, že řada

$$(x_j - x_{j-1}) = x_1 \cdot [\sqrt{j} - \sqrt{j-1}] \text{ pro } j \rightarrow +\infty$$

konverguje k nule a že

$$\sum_{j=1}^n (x_j - x_{j-1}) = x_n = l.$$

Uvedme pro úplnost, že aplikováním vztahu (6) na rovnici (2b) lze po jednoduchých úpravách dojít ke vzorci

$$t_j = x_1 \cdot \left[\sqrt{j-1} + \frac{(\sqrt{j} - \sqrt{j-1}) \cdot (2 \cdot \sqrt{j} + \sqrt{j-1})}{3 \cdot (\sqrt{j} + \sqrt{j-1})} \right], \quad (2d)$$

o jehož správnosti se lze přesvědčit prostým porovnáním odpovídajících si kolonek v tab. 1 a tab. 2. Podobně lze na principu (6) odvodit

$$\frac{x_j}{x_{j-1}} = \sqrt{\frac{j}{j-1}} > 1 \quad (7)$$

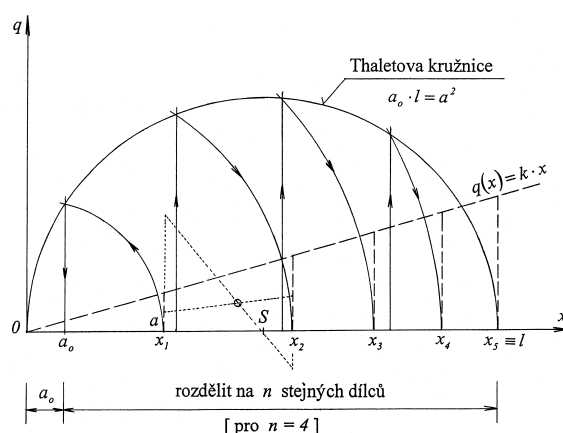
a na základě (2d) stanovit

$$\frac{t_j}{t_{j-1}} = \frac{(\sqrt{j-2} + \sqrt{j-1})}{(\sqrt{j-1} + \sqrt{j})} \cdot \frac{(2 \cdot j - 1 + \sqrt{j-1} \cdot \sqrt{j})}{(2 \cdot j - 3 + \sqrt{j-2} \cdot \sqrt{j-1})} > 1. \quad (8)$$

Také platnost vzorců (7) a (8) je možné ověřit pomocí tab. 1 a tab. 2. Pro úplnost uvedme, že

$$\lim_{j \rightarrow +\infty} \frac{x_j}{x_{j-1}} = \lim_{j \rightarrow +\infty} \frac{t_j}{t_{j-1}} = 1.$$

Bylo-li relativně snadné tabelovat v poměrných souřadnicích polohu dělicích bodů x_j , resp. polohu těžišť t_j pro „trojúhelníkové“ zatížení (tab. 1, tab. 2), není to dost dobře možné (praktické) v případě „lichoběžníkového“ zatížení – komplikace spočívá v přítomnosti parametru q_0 , jak již o tom bylo pojednáno. Nezáleží-li však na přesnosti řešení, polohu dělicích bodů x_j pro „lichoběžníkové“ zatížení lze stanovit také graficky, opět za použití Thaletovy kružnice a Euklidovy věty o odvěsnách. Předpokládejme, že je dáno „lichoběžníkové“ zatížení nad intervalem $(a; l)$, a to funkci zatížení $q(x) = k \cdot x$ (obr. 5). Nyní je třeba interval délky $(l - a)$ rozdělit na n nestejných úseků $(x_j - x_{j-1})$ tak, aby součet ploch n rovnoplochého lichoběžníku nad nimi (shora omezených rovněž funkcí zatížení $q(x) = k \cdot x$) byl roven ploše výchozího lichoběžníku; v tomto případě však zřejmě



Obr. 5. Stejně rozložení zatížení s „lichoběžníkovým“ průběhem v příčném směru na stejně namáhané podélníky – grafické řešení pro $n = 4$

uvažujeme $j = 1, 2, 3, \dots, n, n + 1$, přičemž žádáme, aby platilo $x_0 = 0, x_1 \equiv a, x_{j+n+1} \equiv l$. Na vodorovné ose nalezneme bod a_0 pomocí Thaletovy kružnice nad průměrem délky l a odvěsny délky a ; platí totiž $a_0 \cdot l = x_1^2$, takže $a_0 = a^2/l$. Rozdělíme-li teď úsek délky $(l - a_0)$ na n stejných dílů délky

$$\frac{1}{n} \cdot (l - a_0) = \frac{l}{n} \cdot \left(1 - \frac{a^2}{l^2} \right)$$

a „obrátime-li“ postup uplatněný při hledání bodu a_0 , snadno stanovíme hledané dělicí body $x_1 \equiv a, x_2, x_3, \dots, x_{n+1} \equiv l$. Nyní stačí nalézt těžiště dílců rovnoplochého lichoběžníku (na obr. 4 je to provedeno graficky pouze u prvního z nich) a v nich pak lokalizovat podélníky.

4. Závěr

Příspěvek podává podrobný návod (včetně analytického odůvodnění), jak vyztužovat vybrané plošné prvky konečným počtem liniových stejně namáhaných nosníků za speciálně definovaného celoplošného zatížení. Návod se ve shodě s realitou řešení omezuje na rovinné prvky (desky a stěny), resp. na válcové plošné prvky s tím, že jejich zatížení je možné zobrazit obecně válcovou plochou s podstavou kolmou na liniové nosníky (podélníky), resp. obecnou translační plochou s „meridiánovými“ řezy kolmými na paralelní (obecně nikoli přímé) liniové nosníky (ve významu rovnoběžek nosné plochy).

Na principech integrálního počtu (zejména pak na vlastnostech součtových čar) je podán obecný postup řešení úloh shora definovaného typu, je však ukázáno i řešení založené na základních geometrických principech, které je podmíněno lineárním růstem zatížení (pokud jde o „meridiánový“ řez prostorovým zobrazením celoplošného zatížení). Článek obsahuje i tabelární zpracování poměrných souřadnic pro rozdělení intervalu s lineární funkcí zatížení tak, aby v jejich mezích byly uvažované liniové nosníky namáhány stejnou intenzitou, a rovněž tabelárně zpracované poměrné souřadnice lokalizování těchto nosníků pro jejich celkový počet až do deseti včetně.

Záměrem příspěvku tedy bylo nejen ukázat některé teoretické souvislosti, ale zejména vytvořit pomůcky (viz příslušné formule a tab. 1 i tab. 2 ve druhém a třetím oddílu článku) pro statiky a projektanty, užitečné pro navrhování plošných konstrukčních prvků, jejichž příklady byly zmíněny již v úvodu a pro řešení technických úloh obdobného typu.

Literatura

- [1] Jermář, F.: Jezy. Praha, Nakladatelství ČSAV 1959.
 [2] Kozeny, J.: Hydraulik. Wien, Springer Verlag 1953.
 [3] Smetana, J.: Hydraulika. Praha, Nakladatelství ČSAV 1957.
 [4] Myslivec, A. – Eichler, J. – Jesenák, J.: Mechanika zemin. Praha, SNTL/Alfa 1970.
 [5] Novotný, R.: Příspěvek k řešení kruhových válcových skořepin. [Kandidátská dizertační práce], ČVUT Praha, 1986.
 [6] Novotný, R.: Kruhové válcové skořepinové konstrukce za některých speciálních okolností. [Doktorská dizertační práce], ČVUT Praha, 2001.

Závěry uvedené v tomto příspěvku jsou výsledkem řešení grantového projektu č. 103/03/0655 GA ČR.

Novotný, R.: Reinforcement of Selected Plate Structures by Equally Loaded Bearing Line Elements

This paper aims to provide a practical and easy-to-read guideline for determining the placement of the final number of bearing line elements of a plate or cylindrical plate structure. This plate structure is exposed to a generally given distributed load with a cylindrical or translation distribution with linear meridians or parallels oriented towards the elements so that the trusses are exposed to loads of the same intensity. The article mainly shows (both numerically and graphically) the orientation of these bearing elements given the load with linear growth, which has a major importance for the engineering practice.

Novotný, R.: Aussteifung ausgewählter flächiger Bauteile durch gleich beanspruchte linienförmige Tragelemente

Ziel des Beitrags ist es, eine praktische und einfache Anleitung zu geben, wie die Verteilung einer endlichen Anzahl tragender linienförmiger Elemente eines ebenflächigen bzw. zylindrischen flächigen Bauteils zu bestimmen ist, das einer allgemein gegebenen durchlaufenden Belastung mit einer zylindrischen bzw. Translationsverteilung mit im Hinblick zu ihnen übereinstimmenden so orientierten Mantellinien bzw. Parallelen standhält, dass die Träger einer Beanspruchung gleicher Intensität ausgesetzt sind. Der Artikel zeigt (auf zahlreiche, auch grafische Weise) insbesondere die Anordnung dieser Tragelemente hinsichtlich der Belastung mit linearem Anstieg auf, welche in der technischen Praxis von außerordentlicher Wichtigkeit ist.

• veletrhy

Ocenění Danube House

První budova projektu River City Prague, kancelářská budova Danube House, byla na veletrhu nemovitostí a investičních příležitostí MIPIM ve francouzském Cannes oceněna jako nejlepší projekt pro budoucnost v kategorii kancelářských budov. Do soutěže, kterou uspořádal renomovaný odborný časopis The Architectural Review, se přihlásilo 130 projektů, které soutěžily ve čtyřech kategoriích. Celkově, tedy bez ohledu na kategorie, pak projekt skončil na třetím místě. Ceny byly předány na semináři o kancelářských projektech pro budoucnost počátkem března v Cannes.

Stejně jako většina objektů v pražském Karlíně byl loňskou povodní postižen i projekt River City Prague. Areál na Rohanském ostrově byl zaplaven. Zaplavena byla i budova Danube House, v níž se hladina vody zastavila přesně 15 cm nad podlahou v přízemí budovy. Přímé materiální škody ve výši zhruba 140 mil. Kč se omezily na již instalovaná zařízení ve sklepích a jsou v plné míře kryty pojištěním. Nepřímé škody v hodnotě přibližně 15 mil. Kč představují převážně náklady související s financováním z důvodu zdržení výstavby. Tyto škody nejsou kryty pojištěním, protože neexistuje příslušný pojišťovací produkt, který by takové škody zajistil. Společnost Europolis Invest jako přední dlouhodobý investor do komerčních nemovitostí ve střední Evropě s akcionáři Investkredit Bank a EBRD je však schopen v projektu dále pokračovat.



Již v průběhu projektování se s rizikem záplav počítalo. Ochrana budov byla stanovena vysoko nad úrovní nejhoršího zaznamenaného případu (záplavy z roku 1890) v období do loňských záplav. Na základě získaných zkušeností analyzoval investor možné návrhy ochrany a stanovil pro ni dva základní parametry. Tím prvním bylo, že budovy nikdy nebudou zatopeny do úrovně, která by byla vyšší než hladina vody protékající nad úroveň pražských mostů. Takový objem vody by s největší pravděpodobností způsobil vzduší hladiny a následnou povodňovou vlnu, před kterou žádná přiměřená ochrana neexistuje. Druhým parametrem je, že ochrana zaručí plnou funkčnost budov po dostatečnou dobu poté, co bude oblast evakuována, a zároveň umožní vrátit se k plnému provozu ihned poté, co bude oblast zpřístupněna. Po dokončení první fáze projektu River City Prague má být zahájena rekultivace části Rohanského ostrova, vybudována nová infrastruktura a zpřístupněna tato část nábřeží veřejnosti.

Danube House má být jednou z nejkvalitnějších kancelářských budov na trhu ve střední Evropě. Europolis Invest je přesvědčen, že překoná dočasnou negativní image, kterou v této lokalitě vytvořila povodeň, a zároveň věří, že jedinečnost lokality na nábřeží u Vltavy a blízkost centra převyší možné riziko výskytu povodně.

Závislost součinitele teplotní vodivosti cementových kompozitů vyztužených skleněnými vlákny na teplotě

Ing. Jitka PODĚBRADSKÁ
prof. Mgr. Jan TOMAN, DrSc.
prof. Ing. Robert ČERNÝ, DrSc.
ČVUT – Fakulta stavební
Praha

V článku je sledována závislost součinitele teplotní vodivosti čtyř typů cementových kompozitů vyztužených skleněnými vlákny v rozmezí 150 až 800 °C. Kromě toho je studován vliv jejich namáhání po dobu dvou hodin při 1 000 °C ve stejném rozsahu teplot.

Úvod

Obkladové materiály na bázi vláknových kompozitů je možné využít jako ochranu nosné konstrukce před působením zvýšených a vysokých teplot. Cementové kompozity vyztužené skleněnými vlákny představují v tomto směru jednoduché a poměrně levné řešení. Pro posouzení odolnosti materiálu v oblasti vysokých teplot je nutné určit jeho tepelné materiálové vlastnosti. Jedním z nejdůležitějších parametrů, charakterizujících tyto vlastnosti, je součinitel teplotní vodivosti

$$a = \frac{\lambda}{c\rho}, \quad (1)$$

jež vyjadřuje intenzitu šíření tepla v materiálu [1] a je definovaný pomocí součinitele tepelné vodivosti λ [$\text{Wm}^{-1} \text{K}^{-1}$], měrné tepelné kapacity c [$\text{Jkg}^{-1}\text{K}^{-1}$] a hustoty látky ρ [kgm^{-3}].

Metoda měření

V této práci bylo pro určení závislosti součinitele teplotní vodivosti na teplotě v rozsahu 150 až 800 °C využito experimentální stanovení teplotního pole ve vzorku při jednostranném ohřevu ve formě řady křivek $T(x, t)$ a následně řešení inverzní úlohy jednorozměrného vedení tepla, jehož rovnici je možné vyjádřit ve tvaru

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(a \frac{\partial T}{\partial x} \right). \quad (2)$$



Obr. 1. Pec pro měření součinitele teplotní vodivosti

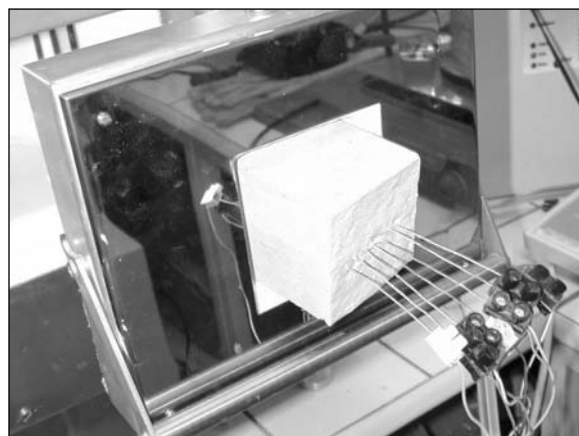
Pro řešení inverzní úlohy [2] se předpokládá, že $T(t)$ a $T(x)$ jsou monotónní funkce a zvolí se konstantní hodnota teploty $\tau = T(x, t)$. Pak musí existovat vzájemně jednoznačné parametrizace $x = x_0(\tau, t)$, $t = t_0(\tau, x)$, kde x_0 a t_0 jsou monotónní funkce. Bereme-li toto jako fakt, pak integrací rovnice vedení tepla (2) podle x a t dostaneme

$$\int_{t_1}^{t_2} \int_0^{x_0(\tau, t)} \frac{\partial T}{\partial t}(x, t) dx dt = a(\tau) \int_{t_1}^{t_2} \frac{\partial T}{\partial x}(x_0(\tau, t), t) dt + \int_{t_1}^{t_2} \frac{q(0, t)}{\rho(\tau)c(\tau)} dt, \quad (3)$$

a odtud součinitel teplotní vodivosti v závislosti na teplotě $a(\tau)$ [2]

$$a(\tau) = \frac{1}{\int_{t_1}^{t_2} \frac{\partial T}{\partial x}(x_0(\tau, t), t) dt} \left(\int_0^{x_0(\tau, t_2)} T(x, t_2) dx - \int_0^{x_0(\tau, t_1)} T(x, t_1) dx - \tau [x_0(\tau, t_2) - x_0(\tau, t_1)] - \int_0^l [T(x, t_2) - T(x, t_1)] dx \right). \quad (4)$$

Určení teplotních polí ve vzorku zahříváném z jedné strany je založeno na využití speciálně upravené pece opatřené dvěma dvířky (obr. 1). Plná dvířka jsou určena k udržení požadované konstantní teploty v peci, ve druhých je otvor velikosti vzorku. Případně mezery podél stěn vzorku, vzniklé po jeho uložení do otvoru (obr. 2), se utěsní tepelně izolačním materiálem. Po dosažení požadované teploty dojde k výměně dvířek a vzorek je vystaven jednostrannému ohřevu. Senzory v podélné ose vzorku umožňují zaznamenávat teplotní pole pomocí měřicí jednotky a počítače. Sada osmi až deseti křivek $T(x, t_i)$ je pak použita pro početní řešení (4). Tato metoda pro měření součinitele teplotní vodivosti a byla v minulosti ověřena i na jiných materiálech.



Obr. 2. Detail dvířek pece a vloženého vzorku pro měření součinitele teplotní vodivosti

Materiály, vzorky a zatěžovací stavy

Vzorky

Vzorky pro měření součinitele teplotní vodivosti byly přizpůsobeny použité metodě a měly tvar krychle 71 x 71 x

x 71 mm. Sensor složený z šesti termočlánků chromel-alu-mel byl zabudován podél osy vzorku.

Volba zatěžovacích stavů

Měření součinitele teplotní vodivosti materiálu má význam pro zjištění vhodnosti použití v určitých podmínkách, zejména v prostředí, ve kterém se očekávají vysoké teploty (stěna komínu). Příkladem nestandardní situace je zasažení konstrukce požárem, kdy navržený materiál může sloužit jako požární ochranná deska či tepelně izolační vrstva. Měření je tedy nevhodnější v podmínkách simulujících toto prostředí. V případě požáru je nutné řešit, zda materiál po vystavení vysokým teplotám musí být odstraněn, nebo je možné jeho další použití.

Pro zjištění teplotní vodivosti za vysokých teplot byl nejdříve každý materiál proměřen v nezátěženém (porovnávacím) stavu, a následně po teplotním namáhání. V nezátěženém stavu (dále jej budeme označovat jako stav A) byl vzorek vystaven vlivu přirozeného prostředí, tj. teplotě cca 25 °C s přirozenou vlhkostí ve stávajícím prostředí. Při měření pak byl vystaven jednostrannému ohřevu při teplotě v peci 1 000 °C. Při teplotním namáhání před měřením (dále stav B) byl zvolna ohříván na teplotu 1 000 °C a jí pak vystaven po dobu dvou hodin. Předpokládá se, že tato doba stačí, aby se materiál dostatečně prohřál. Po pozvolném vychladnutí na okolní teplotu byl vystaven stejně jako nezátěžený vzorek jednostrannému ohřevu při teplotě v peci 1 000 °C.

Materiály

Měření vzorků z Výzkumného ústavu stavebních hmot, a.s., Brno, probíhalo na čtyřech typech matric. Všechny vzorky byly z cementu CEM I 52,5 Mokrý (tab. 1). Typ SC-I slouží

Tab. 1. Složení cementových kompozitů vyztužených skleněnými vlákny

Typ materiálu	SC-I	SC-II	SC-III	SC-IV
	[% hm.]			
CEM I 52,5	47,99	56,88	54,59	45,00
slévárenský písek	47,99	-	-	-
plastifikátor	0,62	0,92	-	0,43
alkalivzdorné vlákno	3,40	7,66	0,75	1,51
wollastonit	-	8,68	-	-
vermikulit	-	21,51	44,66	53,06
mikrosilica	-	4,35	-	-

jako porovnávací vzorek a byl navržen pro výrobu skloce-mentových komínových desek. Hlavním kamenivem je slévárenský písek s malým podílem alkalicky odolného skleněného vlákna. Typ SC-II obsahuje místo slévárenského písku přísady wollastonit a vermikulit, které mají zlepšit tepelné vlastnosti materiálu navrženého jako plášťové požárně ochranné desky. Matrice SC-III, připravená jako středová izolační vrstva požárně ochranných desek, má ve velké míře zastoupen vermikulit a pouze malou část je zastoupeno alkalicky odolné skleněné vlákno. Vzhledem k tomu, že matrice SC-III byla obtížně zpracovatelná a materiál nebyl soudržný, byla navržena další matrice se zvýšeným obsahem vyztužujícího alkalicky odolného skleněného vlákna. Kromě toho byl obrácen poměr cementu a vermikulitu. Obsah složek jednotlivých matric v procentech je počítán mezi bezvodými substancemi. Vodní součinitel, objemová hmotnost za pokojové teploty a objemová hmotnost po teplotním namáhání po dobu dvou hodin teplotou 1 000 °C jsou uvedeny v tab. 2.

Tab. 2. Základní vlastnosti cementových kompozitů vyztužených skleněnými vlákny

Typ materiálu	SC-I	SC-II	SC-III	SC-IV
v/c	0,36	1,4	1,5	3,44
ρ_s [kg m ⁻³]	1 960	760	680	460
ρ_s [kg m ⁻³]/1 000	1 810	625	625	410

Výsledky měření

Na obrázcích 3 až 6 jsou shrnuta měření součinitele teplotní vodivosti cementových kompozitů vyztužených skleněnými vlákny SC-I až SC-IV. Na každém z nich je uvedeno pro porovnání jak měření zatěžovacího stavu A, tak zatěžovacího stavu B.

Výsledky ukazují, že křivky závislosti součinitele teplotní vodivosti na teplotě byly ve všech případech stejné, a to nezávisle na zatěžovacím stavu. Vždy bylo možné pozorovat nejprve nárůst součinitele teplotní vodivosti s teplotou, dosažení maxima mezi 300 a 400 °C (pro SC-III a SC-IV B ještě o cca 50 až 100 °C výše), a potom pozvolné klesání, které na 800 °C vedlo k hodnotám na úrovni zhruba porovnatelné s hodnotami určenými pro 150 až 200 °C (s výjimkou SC-II B a SC-IV A, B, kde byly součinitele teplotní vodivosti ještě při 800 °C výrazně vyšší než za nižších teplot).

Podle vlivu předchozího teplotního zatížení na 1 000 °C po dobu dvou hodin je možno výsledky rozdělit do dvou skupin. Pro materiál SC-I byl součinitel teplotní vodivosti odpovídající stavu B pro nižší teploty vyšší než u stavu A, ale pro vyšší teploty byly výsledky v podstatě totožné. Pro materiály SC-II až SC-IV bylo dosaženo výsledků právě opačných, zatímco pro nižší teploty do 400 až 500 °C se hodnoty součinitele teplotní vodivosti lišily pro oba stavy jen velmi málo, pro vyšší teploty byly hodnoty odpovídající stavu B výrazně vyšší.

Na obrázcích 7 a 8 je porovnána teplotní vodivost jednotlivých typů materiálů vždy pro stejný zatěžovací stav. Rozdíly mezi jednotlivými typy materiálů jsou pro oba zatěžovací stavy obdobné. Pro stav A (obr. 7) má v oblasti teplot 300 až 400 °C nejvyšší součinitel teplotní vodivosti materiál SC-I, pak následuje materiál SC-III s podobným průběhem, dále SC-II a nejnižších hodnot dosahuje materiál SC-IV. V oblasti vyšších teplot je situace téměř opačná, nejnižších hodnot dosahují materiály SC-I a SC-II, materiál SC-III má součinitel teplotní vodivosti jen o málo vyšší. Výrazně nejvyšší hodnoty součinitele teplotní vodivosti má materiál SC-IV. Pro stav B (obr. 8) je jediným závažnějším rozdílem proti situaci se stavem A fakt, že v oblasti vyšších teplot nezůstává součinitel teplotní vodivosti materiálů SC-II a SC-III na úrovni materiálu SC-I a dochází k jeho výraznému zvýšení.

Diskuze

Naměřená teplotní závislost součinitelů teplotní vodivosti a rozdíly pozorované mezi jednotlivými typy cementových kompozitů vyztužených skleněnými vlákny je možné přisoudit třem faktorům.

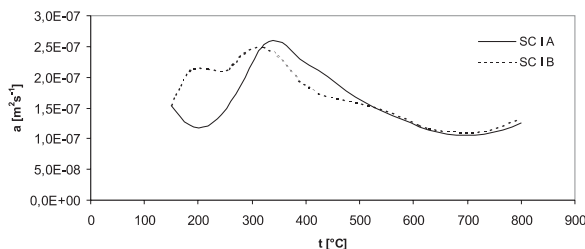
Prvním je nesporný vliv rozkladných procesů v cementu za vyšších teplot. Z hlediska ztráty hmotnosti jsou obvykle nejvýznamnější rozklad Ca(OH)₂ kolem 460 až 480 °C a rozklad CaCO₃ mezi 700 a 800 °C [3]. V důsledku těchto procesů se uvolňuje v prvním případě vodní pára, ve druhém případě oxid uhličitý, které unikají z materiálu a kromě již zmíněné ztráty hmotnosti mohou v něm vytvořit krátkodobě vnitřní přetlak, jež může vést k porušení mikrostruktury.

Z tabulky 2 je zřejmé, že zahřátí na 1 000 °C po dobu dvou hodin (zatěžovací stav B) nevedlo u žádného ze sledovaných materiálů k příliš dramatickým změnám hmotnosti, tyto změny byly u všech materiálů kolem 10 % původní hodnoty. Žádný materiál se po namáhání zatěžovacím stavem B také nerozpadl, jak se mnohdy stává u běžných cementových malt. To svědčí o pozitivním vlivu skleněných vláken, které byly schopny částečně stabilizovat vnitřní strukturu materiálu i po částečné ztrátě hmotnosti.

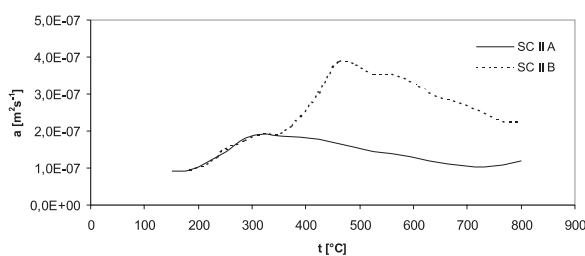
Průběh závislosti součinitelů teplotní vodivosti na teplotě svědčí o tom, že rozklad $\text{Ca}(\text{OH})_2$ zde byl pravděpodobně nejvýznamnější, o čemž svědčí nepravidelnosti na křivkách $a(T)$ v rozmezí 300 až 500 °C. Vliv rozkladu CaCO_3 nebyl příliš patrný, zřejmě mimo jiné proto, že zkoušky vzorků probíhaly maximálně několik měsíců po jejich výrobě, takže k významné karbonataci nemohlo ještě dojít. Zajímavým faktorem je, že teplotní závislost součinitelů teplotní vodivosti po namáhání zatěžovacím stavem B vykazuje podobný průběh jako u stavu A. Důvodem může být, že za dobu dvou hodin zahřívání na 1 000 °C nemuselo dojít k úplnému rozkladu $\text{Ca}(\text{OH})_2$ přítomného v materiálu v důsledku relativní kompaktnosti struktury materiálů, popř. část vodní páry vzniklé rozkladem mohla zůstat v materiálu a po ochlazení zpětně reagovat s CaO , nebo mohlo v období mezi ukončením teplotního namáhání a provedením experimentů dojít k reakci části volného CaO v materiálu se vzdušnou vlhkostí a vytvoření určitého množství nového $\text{Ca}(\text{OH})_2$.

Druhým faktorem, ovlivňujícím naměřený průběh součinitelů teplotní vodivosti, je vliv přenosu tepla prouděním a zářením, který může být v daném experimentálním uspořádání podstatný. Způsob vyhodnocení experimentů v podstatě zahrnuje do součinitele teplotní vodivosti nejen vedení tepla, jak je obvyklé, ale vlastně i proudění a záření, které ve vyhodnocení není striktně odděleno. Naměřený součinitel teplotní vodivosti není tedy klasickým součinitelem ve smyslu fourierovského vedení tepla, ale spíše zobecněným součinitelem teplotní vodivosti, zahrnujícím i proudění a záření. V praxi ovšem tento fakt může být spíše prospěšný, protože např. pro posouzení vlivu požáru na dělicí konstrukci a všude tam, kde jde o jednostranný ohřev, je možno použít zobecněný součinitel teplotní vodivosti místo klasického součinitele naprosto stejným způsobem.

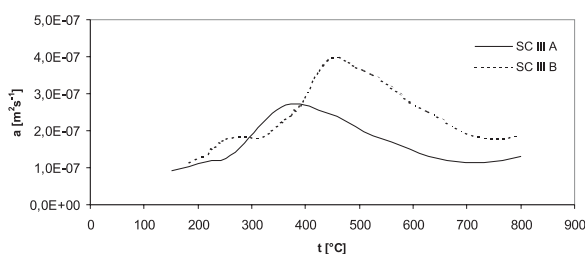
Vliv proudění a záření by měl být podstatnější za vyšších teplot, protože jednak vyzářená energie roste se čtvrtou mocninou absolutní teploty, jednak proudění i vzájemné osálávání jsou výrazně ovlivněny teplotním gradientem, který je v daném experimentálním uspořádání v místech vyšších teplot výrazně větší než v místech, kde jsou ve vzorku nižší teploty. Významnější by měl být vliv proudění a záření také v materiálech s většími póry, kde v důsledku gradientu teploty může docházet k intenzivnějšímu sálání mezi stěnami pórů a také k rychlejšímu proudění. To je jistě případ materiálů vystavených před měřením teplotnímu namáhání, u kterých v důsledku rozkladných procesů v cementu dochází ke zvýšení obsahu pórů. V měřeních zde zaznamenaných se tento vliv zřetelně projevil u vzorků SC-II, SC-III a SC-IV, kde v oblasti vyšších teplot byly hodnoty součinitele teplotní vodivosti pro stav B výrazně vyšší než pro stav A. To je dosti logický závěr, protože tyto materiály měly vzhledem k materiálu SC-I výrazně nižší objemovou hmotnost, tedy i vyšší pórovitost a větší póry. Skutečnost, že se podobný vliv u materiálu SC-I za vyšších teplot neprojevil, svědčí o tom, že možná existuje jistý mezní obsah pórů a jistá mezní velikost pórů, pro které již jsou konvekce a radiace významným faktorem. Kvantitativní závěr v tomto směru ovšem na základě sledovaných ma-



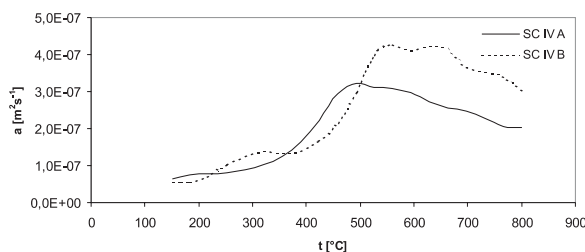
Obr. 3. Součinitel teplotní vodivosti a materiálu SC-I



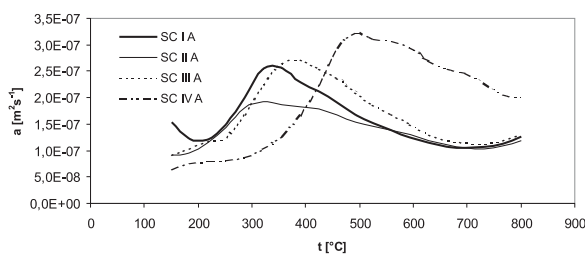
Obr. 4. Součinitel teplotní vodivosti a materiálu SC-II



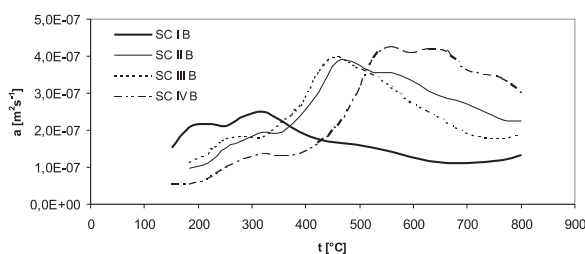
Obr. 5. Součinitel teplotní vodivosti materiálu SC-III



Obr. 6. Součinitel teplotní vodivosti a materiálu SC-IV



Obr. 7. Součinitel teplotní vodivosti a předem nezatížených materiálů SC-I, SC-II, SC-III, SC-IV



Obr. 8. Součinitel teplotní vodivosti a materiálů SC-I, SC-II, SC-III, SC-IV zatížených předem teplotním namáháním

teriálů zřejmě udělán být nemůže, protože k tomu je k dispozici příliš málo dat.

Je však třeba poznamenat, že u materiálu SC-I došlo v důsledku namáhání zatěžovacím stavem B k nárůstu součinitele teplotní vodivosti naopak za nižších teplot. Je to pravděpodobně také důsledkem nárůstu pórovitosti po teplotním namáhání a s ním spojeného zvýšení významu proudění a záření pro hodnotu zobecněného součinitele teplotní vodivosti sledovaných materiálů.

Je tedy zřejmé, že proudění a záření mají pro sledované materiály velký význam, je jen otázkou, kdy se významně projevují a čím jsou ovlivňovány. Podstatný je v této souvislosti nepochybně nejen obsah a velikost pórů, ale i jejich prostorové rozložení. Z tohoto hlediska jsou na porušení struktury v důsledku rozkladných procesů v cementu citlivější kompaktnější materiály, kde se mohou vlivem zvýšeného vnitřního přetlaku vytvořit tzv. preferenční cesty s větší pravděpodobností než v materiálech s větší pórovitostí, které jsou pro plynné produkty vzniklé rozkladnými reakcemi přirozeně více propustné.

Třetím faktorem, ovlivňujícím průběh součinitelů teplotní vodivosti, je složení a způsob výroby materiálů, jejichž nejzřetelnějším projevem jsou výrazné změny objemové hmotnosti. Tento vliv se nejvíce projevil v oblasti nižších teplot, kde kompaktní materiál SC-I s vyšší objemovou hmotností měl zřetelně nejvyšší součinitel teplotní vodivosti, zatímco lehčí materiály, zejména obsahující větší množství porézního plniva (vermikulit), měly součinitel teplotní vodivosti výrazně nižší. Tento faktor ovšem ztratil význam v oblasti vyšších teplot (500 °C a vyšších), kde zjevně převládá vliv rozkladných procesů v cementu a přenosu tepla prouděním a zářením.

Závěr

V článku byla analyzována jednak teplotní závislost součinitele teplotní vodivosti čtyř různých typů cementových kompozitů vyztužených skleněnými vlákny v rozsahu teplot 150 až 800 °C, jednak vliv předchozího teplotního namáhání těchto materiálů po dobu dvou hodin při teplotě 1 000 °C na velikost součinitele teplotní vodivosti ve stejném rozsahu teplot. Sledované materiály měly objemovou hmotnost 500 až 2 000 kg/m³, čehož bylo dosaženo jednak změnami složení, kde podstatné bylo zejména množství porézního vermikulitu použitého jako plnivo, jednak změnami velikosti vodního součinitele při míchání jednotlivých směsí, jež částečně ovlivnily pórovitost materiálů.

Vliv složení a výrobní technologie na hodnoty součinitele teplotní vodivosti se projevil jako velmi podstatný zejména v rozsahu teplot 300 až 400 °C. Pro vyšší teploty byl závažnější vliv rozkladných procesů v cementu a přenosu tepla prouděním a zářením.

Ve všech případech se zvyšováním teploty došlo k výraznému růstu součinitele teplotní vodivosti, který dosahoval pro předem nenamáhané materiály v maximu dvojnásobku až pětinašobku hodnoty na 150 °C, pro předem teplotně namáhané materiály až osminásobku této hodnoty. To je obecně dosti nepříznivý výsledek, protože zvýšení součinitele teplotní vodivosti v tomto rozsahu vede k podstatně rychlejšímu přenosu tepla za vyšších teplot, a tedy ke snížení schopnosti materiálu chránit konstrukce umístěné pod ním proti působení vyšších teplot obecně, speciálně proti požáru.

Jak vyplývá z předchozího textu, měření teplotní závislosti součinitele teplotní vodivosti cementových kompozitů vyztužených skleněnými vlákny v potřebném rozsahu teplot

je naprosto nezbytné. Zanedbání této závislosti a použití pouze nízkých teplot by totiž vedlo k velmi výrazným chybám při posuzování jejich odolnosti proti působení vysokých teplot, a to na nebezpečné straně.

Článek vznikl za podpory výzkumného záměru MSM: 210000004 MŠMT ČR.

Literatura

- [1] Horák, Z.: Praktická fyzika. Praha, SNTL 1958.
- [2] Černý, R. – Toman, J.: Determination of Temperature- and Moisture-Dependent Thermal Conductivity by Solving the Inverse Problem of Heat Conduction. Proc. of International Symposium on Moisture Problems in Building Walls, V. P. de Freitas, V. Abrantes (eds.), Univ. of Porto, 1995, pp. 299–308.
- [3] Taylor, H.F.W.: Cement Chemistry. London, Academic Press 1992.

Poděbradská, J. – Toman, J. – Černý, R.: Measurement of Thermal Diffusivity of Glass Fibre Reinforced Cement Composites in a Wide Temperature Range

The dependence of thermal diffusivity of four different types of glass fibre reinforced cement composites in the temperature range from 150 to 800 °C is explored in the paper. In addition, the effect of the previous thermal load of these materials for two hours at the temperature of 1 000 °C on their thermal diffusivity in the same temperature range is studied.

Poděbradská, J. – Toman, J. – Černý, R.: Messung der Wärmeleitfähigkeit von glasfaserbewehrten Zementkomposita in einem breiten Temperaturbereich

Im Artikel wird die Abhängigkeit der Wärmeleitfähigkeit von vier Typen von glasfaserbewehrten Zementkomposita in der Temperaturspanne von 15 bis 800 °C beobachtet. Außerdem wird der Einfluss ihrer Beanspruchung über eine Dauer von zwei Stunden bei 1000 °C in der gleichen Temperaturspanne studiert.

• dizertace



Koncepce využití strukturace fotogrammetrických dat v GIS Národního parku Šumava

Ing. Tomáš Vybíral

Dizertace řeší zavedení funkčního GIS do soustavy řízení komplexů lesních hospodářství s ohledem na kalamitní situace. Analyzují se vstupy a jejich následná strukturace pomocí HBDS.

Variační typ zobrazení sledující skutečný tvar území

Mgr. Milan Bořík

Práce se zabývá návrhem konformních zobrazení území ČR, kde zobrazovací rovnice splňují předem stanovené optimalizační kritérium Airy-Kavrajského. Řešení se konfrontuje se zobrazením Křovákovým i aplikacemi pro území Slovenska a Polska.

Nejnovější vlivy v rakouském územním plánování

Ing. Kateřina HLADKÁ
 ČVUT – Fakulta stavební
 Praha

Rozvoj příhraničních oblastí České republiky a Rakouska po vstupu ČR do Evropské unie přinese institucionální změny v územním plánování. Nové regionální struktury v Evropě, liberalizace reforem a nová definice politické a sociální orientace spolu s integrací Evropy vedou ke změně národního prostorového plánování. Nová Evropa vyžaduje nové způsoby prostorového plánování v evropském měřítku.

Úvod

Problematika územního plánování pohraničních regionů dosud nebyla řešena jednotně v České republice ani v Rakousku. Vytvoření vhodné strategie z hlediska trvale udržitelného rozvoje příhraničních regionů, rozvoje lidských zdrojů a modernizace systému vzdělávání v pohraničních oblastech by bylo přínosem. Rozvoj integrovaných pohraničních regionů musí probíhat na základě vzájemně sladěné strategie.

Územní plánování v Rakousku

Pojmy „prostorové uspořádání“ a „prostorové plánování“ se v Rakousku nepoužívají jednotně. Na jedné straně se s odvoláním na pojem „místní plánování“ v článku 118 Spolkového ústavního zákona 1929 vyvinula pojmová dvojice „místní plánování“ a „nadmístní plánování“, která jasně poukazuje na různé úrovně, na druhé straně se pojem „prostorové uspořádání“ v judikatuře Ústavního soudu definuje stejně jako „činnost“ a také jako cíl a výsledek této činnosti. Konečně se pod „prostorovým uspořádáním“ rozumí souhrn opatření, která jsou realizována veřejnými orgány, v libovolné formě, s cílem rozvíjet nebo formovat prostor v souladu s určitými cíli. Prostorové uspořádání neznamená tedy jen plánování využití území, ale zahrnuje též všechna ostatní opatření, která ovlivňují způsob prostorového rozvoje určitého území. Prostorové plánování znamená v této souvislosti svrchované činnosti za účelem integrovaného komplexního plánování životního prostředí. Do budoucna se počítá s používáním pojmu „prostorové uspořádání“ ve výše uvedeném významu jako označení pro cíl a výsledek takové činnosti, kterou lze zahrnout pod pojem „prostorové plánování“.

Tab. 1. Systém prostorového plánování v Rakousku

Úroveň	Plánovací instituce	Druh plánu
stát	ÖROK	rakouská koncepce z roku 1991
	federální ministerstva	oborový program
země	zemská vláda	program
		zemské programy
		regionální programy
obce	obecní rada	místní program
		plán využití ploch
		zastavovací plán

Nástroje plánování

Část příslušných nástrojů plánování není přísně závazná v právním smyslu, ale má funkci zásad. Důležitým příkladem pro tuto kategorii je „Rakouská koncepce prostorového uspořádání 1991“. Skládá se ze souboru nejdůležitějších problémů v oblasti prostorového uspořádání (např. v oblastech politiky životního prostředí, regionální ekonomické politiky, osídlení) a připojuje k nim doporučení. „Rakouská koncepce prostorového uspořádání z roku 1991“ byla vypracována Rakouskou konferencí pro prostorové uspořádání (ÖROK) jako ucelený národní koncept pro požadavky na poli prostorového uspořádání. ÖROK [1] funguje jako koordinační a kooperační základna pro celostátní úroveň. Organizačně je řízena v rámci Úřadu spolkového kancléře. Je také pověřena mezistátní koordinací evropských programů prostorového plánování a prostorového rozvoje.

Zákony o prostorovém uspořádání

Základ právně závazných plánovacích nástrojů tvoří zákony o prostorovém uspořádání, resp. plánování spolkových zemí, které jsou obsahově vybudované podobně jako plánovací právo. Sahají zpět do padesátých a šedesátých let dvacátého století, byly však v posledních letech dalekosáhle novelizovány. Tyto zákony obsahují zpravidla základní definice cílů na poli prostorového uspořádání příslušné spolkové země a následně předurčují právní rámec pro nadmístní a stejně tak pro místní prostorové plánování. Po vstupu Rakouska do EU byla provedena novelizace těchto zákonů.

V rámci nadmístního prostorového uspořádání a místního prostorového uspořádání je definováno „Deset příkazů prostorového uspořádání“ [1], které musí být dodrženy, představují cíle a principy pro nadmístní prostorové uspořádání (prostorové uspořádání spolkové země) a místní prostorové uspořádání (prostorové uspořádání obcí):

- ochrana životního prostředí před škodlivými vlivy, jakož i zajištění opětovného vytvoření vyváženého přírodního režimu;
- zajištění nebo zlepšení prostorových předpokladů pro sociálně rovnoprávné životní podmínky a kulturní rozvoj;
- zajištění nebo zlepšení sídelní struktury, která je v souladu s hustotou obyvatelstva určitého území a jeho ekologickou a ekonomickou únosností;
- zajištění a zlepšení prostorových předpokladů pro výkonné hospodářství včetně zajištění surovin, zajištění zásobování obyvatelstva a hospodářství potřebným zbožím a službami, zvláště v období krizí;
- zajištění nebo zlepšení prostorových předpokladů pro životaschopné a výkonné zemědělství a lesnictví, zvláště zlepšení agrární struktury;
- úsporné zabírání pozemků a úsporné využití každého druhu pozemků a co nejlepší sladění příslušných funkcí na území;
- zabránění škodlivým zásahům do krajiny, zvláště vytvoření nebo rozšíření osídlení do krajiny;
- zajištění a zlepšení funkční infrastruktury;

- vytvoření a zachování volných ploch pro zotavení a turistiku;
- zachování a vytvoření obrazu města a lokality včetně jejího rozvoje a zachování typického obrazu lokality a obrazu krajiny. Zásahy do krajiny, jimž se nedá zabránit, je třeba vyvážit odpovídajícími opatřeními péče o ni.

Na základě a v rámci ustanovení zákonů o prostorovém uspořádání, resp. plánování, byl následně zaveden systém různých plánů.

• Nadmístní programy prostorového uspořádání

Především je třeba uvést nadmístní programy prostorového uspořádání, které konkretizují cíle, o jejichž dosažení se prostorové uspořádání snaží, a ukazují nutná opatření k jejich splnění. Tyto programy, schvalované zemskými vládami, mají právní kvalitu všeobecných a abstraktních závazných právních předpisů („nařízení“). Zaměřují se na zemské orgány stejně jako na obce. Do okruhu platnosti těchto programů spadají buď celá území spolkových zemí, nebo její jednotlivé části. Mohou však být zaměřeny také na specifické sektory (např. plánovací opatření ve vztahu k zřízením infrastruktury, nákupním centřům, turistice nebo k likvidaci odpadů). V praxi však existují nadmístní programy jen pro část rakouského státního území.

• Místní programy rozvoje

Velmi různorodé právní nástroje plánování vznikají na úrovni obcí. Na základě platných zákonů o prostorovém uspořádání musí být v obcích jednotlivých spolkových zemí schválené obecní radou „místní programy rozvoje“. Jejich úkolem je určit cíle, o jejichž splnění se prostorové uspořádání snaží, a také kroky nezbytné k jejich dosažení. Přitom je mimo jiné potřeba prozkoumat ekonomickou významnost plánovaných projektů nebo kroků. Zpravidla jsou tyto plány pro obec závazné.

• Plány využití ploch a místní programy prostorového uspořádání

V praktické politice jsou důležitějšími nástroji plánování na úrovni obcí bezpochyby „plány využití ploch a místní programy prostorového uspořádání“, které schvaluje obecní rada jako všeobecné a abstraktní právní předpisy („vyhlášky“) a které mají pro majitele pozemků závazný charakter. Úloha těchto plánů spočívá v podstatě ve stanovení optimálního modelu využití území celé obce. K tomuto účelu slouží klasifikační katalog pro určité způsoby využití území. Rozlišují se kategorie území pro výstavbu, území zeleně,

dopravní plochy, území zvláštního účelu a rezervní plochy. Podle zákonů o prostorovém uspořádání a prostorovém plánování spolkových zemí by měly být plány využití ploch zpravidla každých pět až deset let přepracovány.

• Zastavovací plány

Kromě plánů využití ploch je třeba uvést zastavovací plány. Tyto nástroje, které jsou podřízeny plánům využití ploch, se soustřeďují obvykle na určené zastavěné území, upravují napojení a polohu stavebních objektů a obsahují předpisy pro jejich tvar. Zastavovací plány stejně jako plány využití ploch schvaluje obecní rada jako všeobecné abstraktní právní předpisy („vyhlášky“).

Z množství orgánů, které odpovídají za úkoly „prostorového uspořádání a prostorového plánování“, a z komplexnosti stanovených právních nástrojů vyplývá, jak již bylo uvedeno, velká potřeba koordinace různých plánovacích rovin. Přitom si plánovací nástroje, jak také bylo uvedeno, v rámci stanovené hierarchie nesmějí obsahově odporovat. Proto plány využití ploch obcí musí odpovídat nejen plánovacím směrnicím na spolkové úrovni (např. zřízení chráněného vodohospodářského území), ale také příslušným ustanovením spolkové země (např. zřízení chráněného přírodního území), a současně i nadmístním programům prostorového uspořádání. V této souvislosti je důležité, že návrhy plánů obcí, které vznikají v oblasti jejich vlastní působnosti, podléhají povolení, resp. přezkoumání nařízením zemskou vládou a nabývají právní účinnosti jen s jejím souhlasem. V případě rozporu mezi návrhem plánu obce a např. nadmístním programem prostorového uspořádání by musela zemská vláda odmítnout obci povolení, resp. souhlas, s individuálním správním aktem („rozhodnutím“).

V rámci nadmístního uspořádání jsou ustanoveny tyto nástroje:

- program prostorového uspořádání (koncepte prostorového uspořádání) a program rozvoje (koncepte rozvoje), které se podle prostorového rozsahu působnosti označují jako
- zemské programy prostorového uspořádání, nebo jako
- regionální programy prostorového uspořádání

Nástroje místního uspořádání:

- místní program prostorového uspořádání, místní koncepte rozvoje,
- plán využití ploch,
- zastavovací plán.

Jako poradní sbor zemské vlády v záležitostech prostorového uspořádání je při Úřadu zemské vlády zřízena Rada pro prostorové uspořádání. Této radě přísluší vypracování doporučení ve věci:

- potřebnosti vypracování nebo změny nadmístních programů prostorového uspořádání a nadmístních konceptů rozvoje,
- věcné a prostorové platnosti nadmístních programů prostorového uspořádání,
- následnosti nadmístních programů prostorového uspořádání,
- došlých stanovisek k návrhům nadmístních programů prostorového uspořádání,
- všech jiných záležitostí prostorového uspořádání, jejichž vyřizováním je pověřena zemská vláda.

Tab. 2. Související předpisy

Název	Úroveň
Zákon o vlastnických právech	země
Stavební zákon	země
Stavební zákon	stát
Zákon o dopravě	stát a země
Zákon o nakládání s odpady	země
Zákon o ochraně přírody a krajiny	stát
Lesní zákon	stát
Zákon o vodách	stát
Důlní zákon	stát
Zákon o posuzování vlivu staveb na životní prostředí	stát

Závěr

Rakouské stavební právo a právo územního plánování spadá až na výjimky do působnosti jednotlivých spolkových zemí, což má za následek, že v každé z devíti spolkových zemí existuje vlastní stavební zákon a zákony pro územní plánování s nespočetným množstvím vedlejších předpisů. Z množství orgánů, které odpovídají za úkoly „prostorového uspořádání a prostorového plánování“, a z komplexnosti stanovených právních nástrojů vyplývá velká potřeba koordinace různých plánovacích rovin. Přitom si plánovací nástroje v rámci stanovené hierarchie nesmějí obsahově odporovat.

Územní plánování je zde složitější pro odlišnost státní struktury Rakouska a České republiky. Politika v oblasti prostorového uspořádání stojí v Rakousku před problémem, že sice může zabránit nežádoucímu vývoji, ale může jen nepatrně přispět k tomu, aby se skutečně prosadily žádoucí vývojové tendence. Za normálních okolností řídí legislativní nástroje prostorového plánování jen budoucí rozvojové procesy, a to v podstatě pasivním způsobem. Ústava přiznává Spolku relativně silnou a spolkovým zemím relativně slabou pozici, přičemž kompetence Spolku jsou výslovně vyjmenovány a všechny Spolku nepřidělené oblasti pravomocí jsou přisouzeny spolkovým zemím. Tento model sám o sobě směřuje ke striktnímu oddělení kompetencí spolkových zemí a Spolku, avšak v praxi vede odjakživa k nejasnostem a konfliktům.

Na úrovni obecních úřadů jsou nástroje územního plánování srovnatelné v ČR a v Rakousku, jejich závěry jsou závazné nebo směrné. Pokud bychom porovnali úroveň krajů v České republice a jednotlivých spolkových zemí v Rakousku, je nutné konstatovat, že každá z těchto úrovní je řešena odlišně. V Rakousku každá spolková země aplikuje daný stavební zákon a legislativu týkající se územního plánování. Všeobecně je možné konstatovat, že na úrovni spolkových zemí jsou zpracovávány tři základní programy, které řeší prostorové plánování. Tyto programy, schvalované zemskými vládami, mají právní kvalitu všeobecných a abstraktních závazných právních předpisů („nařízení“). Do okruhu platnosti těchto programů spadají buď celá území spolkových zemí, nebo jejich jednotlivé části. Mohou však být zaměřeny také na specifické sektory (např. plánovací opatření ve vztahu k zařízením infrastruktury, nákupním centřům, turistice nebo k likvidaci odpadů).

V České republice je zpracován na úrovni krajů územní plán velkého územního celku, který definuje závazné a směrné části. Vzhledem k tomu, že teprve v nedávné době byly v ČR zrušeny okresy a jejich kompetence převzaly pověřené obecní a krajské úřady, nejsou v současné době zpracované ÚP VÚC pro celé kraje. Územní plánování v měřítku EU bude proto muset kombinovat jednotlivé programové dokumenty (plány) jednotlivých zemí.

Literatura

[1] Österreichisches Raumordnungskonzept 1991, ÖROK, 1992.

Hladká, K.: The Latest Developments in Austrian Regional Planning

The development of border areas of the Czech Republic and Austria after the accession to the EU will bring institutional changes in regional planning. The new regional structures of Europe, liberalization of the reformed states, their newly defined political and social orientation, together with the progressive integration of the West European states, are also relevant for the orientation of national spatial planning. The new Europe requires a new political level of action, spatial planning on the European scale. This article describes the system of regional planning in Austria.

Hladká, K.: Neueste Einflüsse in der österreichischen Raumplanung

Die Entwicklung der Gebiete an der Grenze zwischen Tschechien und Österreich wird nach dem Beitritt der Tschechischen Republik zur EU institutionelle Veränderungen in der Raumplanung bedeuten. Die neuen Regionalstrukturen in Europa, die Liberalisierung durch Reformen und eine neue Definition der politischen und sozialen Orientierung zusammen mit der Integration Westeuropas führen zu einer Veränderung der nationalen Raumplanung. Das neue Europa erfordert neue Arten der Raumplanung im europäischen Maßstab. Im vorliegenden Text wird das Raumplanungssystem in Österreich beschrieben, das EU-Mitglied ist.

Fakulta stavební ČVUT Katedra geotechniky



pořádá za podpory grantového projektu

„Systém sledování technického stavu historických budov a predikce jeho vývoje s aplikací na území Pražského hradu“

jednodenní vědecký seminář

GEOMONITORING

12. listopadu 2003

ČVUT v Praze, Fakulta stavební, Thákurova 7, Praha 6

Témata:

- Eurocode 7 a požadavky pro monitoring
- technické prostředky a jejich volba podle charakteru úlohy
- příklady sledování a získaná data
- interpretace výsledků měření a hodnocení instrumentace
- statická analýza a možnosti predikce vývoje

Příhlášky a informace:

Ing. Jan Záleský, CSc., tel.: 224 354 551, fax.: 233 334 206, zalesky@fsv.cvut.cz
doc. Dr. Ing. Jan Průška, tel.: 224 654 547, Pruska@fsv.cvut.cz

Pravděpodobnostní model celkových nákladů stavebních objektů

Ing. Karel BAUER

Ing. Petr LACHOUT

Pražský technologický institut

Aby se investor mohl rozhodnout, který investiční záměr realizovat a který nikoli, potřebuje umět efektivně odhadnout velikost celkových nákladů, které budou vynaloženy na pořízení, provoz a případnou likvidaci daného stavebního objektu. Cílem příspěvku je proto předložit matematický model, který by toto umožňoval. Jednotlivé dílčí náklady jsou rozděleny podle charakteru na investiční náklady, náklady na údržbu, náklady na opravy atd. Jsou uvažovány jako náhodné. To znamená, že čas vzniku a velikost dílčích nákladů jsou ovlivňovány náhodnými faktory. Celkové náklady, jako suma dílčích nákladů, jsou proto také náhodné. Na základě modelu jsou proto předloženy návrhy na nenáhodnou kvantifikaci celkových nákladů, kterou lze vyčíslit již před započítáním investičního záměru a která může investorovi posloužit při rozhodování. Předkládaný model uvažuje inflaci a zohledňuje postoj investora k budoucím nákladům.

1. Rozdělení na dílčí náklady

Pro sestavení vhodného modelu celkových nákladů daného stavebního objektu je zapotřebí rozlišit a výtípnout jednotlivé druhy dílčích nákladů, které se promítnou do nákladů celkových. Jednotlivé dílčí náklady uvažujeme v intervalu $[0, t]$. Kde 0 označuje čas, kdy stavba byla kolaudována a začala být používána, a t je nějaký následující časový okamžik.

Podle charakteru budeme rozlišovat tyto typy dílčích nákladů:

- N_{inv}^t – investiční;
- N_{udr}^t – na údržbu v intervalu $[0, t]$;
- N_{opr}^t – na opravy v intervalu $[0, t]$;
- N_{Gopr}^t – na plánované opravy v intervalu $[0, t]$;
- N_{kont}^t – na plánované kontroly v intervalu $[0, t]$;
- N_{reko}^t – na rekonstrukce v intervalu $[0, t]$.

V modelu budeme uvažovat i možnost, že dojde k ukončení životnosti objektu nebo k jeho odstranění v důsledku změny záměrů vlastníka nebo v důsledku havárie. Zahnujeme sem proto ještě náklady:

- N_{ods}^t – na odstranění objektu;
- N_{hav}^t – vzniklé jeho havárií.

Budeme uvažovat, že časový vývoj cen surovin, služeb atd. je způsoben výhradně inflací, a ostatní vlivy v modelu zanedbáme. Budeme je tedy uvažovat jako neměnné, tj. shodné s cenami v čase $t = 0$. Důležitost nákladů v budoucnosti pro investora budeme v modelu vyjadřovat diskontováním pevnou mírou ρ , tj. velikost nákladu v čase t je vynásobena diskontním faktorem $e^{-\rho t}$. Tato míra vyjadřuje odchylku provozovatelovy politiky od aktuální míry inflace. Jeho rozumné chování je vyjádřeno požadavkem $\rho \geq 0$. Speciálně, nastavení $\rho = 0$ znamená, že náklady v budouc-

nosti jsou pro provozovatele stejně závažné jako náklady v současnosti.

Hlavní zásady pro tvorbu modelu jsou shrnuty a specifikovány, můžeme nyní přistoupit k sestavení vlastního modelu.

2. Rozvaha dílčích nákladů

Proveďme nejdříve rozvahu jednotlivých dílčích nákladů vyčleněných v úvodním oddílu. Dílčí náklady budeme vyčíslit za období $[0, t]$. V matematických formulích budeme používat symbol I_A s významem:

$$I_A = 1, \text{ pokud výrok A platí,} \\ I_A = 0, \text{ pokud výrok A neplatí.}$$

Uvažované veličiny v modelu jsou náhodné, proto musíme zadat jejich rozdělení pravděpodobnosti.

2.1. Investiční náklady

V čase $t = 0$ se do celkových nákladů promítnou náklady a výdaje na výstavbu objektu a na jeho uvedení do provozu. Tyto náklady shrnujeme do **investičních nákladů** N_{inv}^t , které uvažujeme jako náhodné s rozdělením pravděpodobnosti F_{inv} .

2.2. Náklady na údržbu

V časovém intervalu $[0, t]$ uvažujeme **náklady na údržbu** N_{udr}^t , které uvažujeme proporcionální k délce časového intervalu s nenáhodnými **náklady** C_{udr} **na jednotku času**. Uvažujeme je proto ve tvaru

$$N_{udr}^t = C_{udr} \int_0^t e^{-\rho s} ds = C_{udr} \frac{1 - e^{-\rho t}}{\rho}, \text{ kdy } \rho \neq 0,$$

$$N_{udr}^t = C_{udr} \int_0^t e^{-\rho s} ds = C_{udr} t, \text{ kdy } \rho = 0.$$

2.3. Náklady na opravy

V časovém intervalu $[0, t]$ uvažujeme **náklady na opravy** N_{opr}^t , které jsou součtem vydání za opravy $C_{opr}^1, C_{opr}^2, C_{opr}^3, \dots$ vznikající v náhodných časových okamžicích $0 < U_{opr}^1 < U_{opr}^2 < U_{opr}^3 < \dots$. Dostáváme pro ně vyjádření

$$N_{opr}^t = \sum_{n=1}^{+\infty} U_{opr}^n e^{-\rho U_{opr}^n} I_{[U_{opr}^n \leq t]}.$$

Dále vycházíme ze zkušenosti, že první oprava má jinou povahu a charakter než opravy následující.

Předpoklady:

- náhodné veličiny $C_{opr}^n, U_{opr}^{n+1} - U_{opr}^n, n \in N$ jsou dohromady statisticky nezávislé a nezávislé také na U_{opr}^1 ;
- náhodné veličiny $C_{opr}^n, n \geq 2$ mají všechny stejné rozdělení pravděpodobnosti, které budeme označovat $F_{c,opr}$;
- doby mezi opravami $U_{opr}^{n+1} - U_{opr}^n, n \in N$ mají všechny

stejně rozdělení pravděpodobnosti, které budeme označovat $F_{u,opr}$;

- cenu první opravy C_{opr}^1 uvažujeme s rozdělením pravděpodobnosti $F_{c,1,opr}$ a čas první opravy U_{opr}^1 s rozdělením pravděpodobnosti $F_{u,1,opr}$.

2.4. Náklady na plánované opravy

V časovém intervalu $[0, t]$ uvažujeme **náklady na plánované opravy** N_{Gopr}^t , které jsou součtem vydání $C_{Gopr}^1, C_{Gopr}^2, C_{Gopr}^3, \dots$ vznikající v nenáhodných časových okamžicích $0 < U_{Gopr} < 2U_{Gopr} < 3U_{Gopr} < \dots$. Dostáváme pro ně vyjádření

$$N_{Gopr}^t = \sum_{n=1}^{+\infty} C_{Gopr}^n e^{-npU_{Gopr}} I_{[nU_{Gopr} \leq t]}.$$

Předpoklady:

- náhodné veličiny $C_{Gopr}^n, n \in N$ jsou dohromady statisticky nezávislé a všechny mají stejné rozdělení pravděpodobnosti, které budeme označovat $F_{c,Gopr}$;
- doba mezi plánovanými opravami U_{Gopr} je nenáhodná.

2.5. Náklady na plánované kontroly

V intervalu $[0, t]$ uvažujeme **náklady na plánované kontroly** N_{kont}^t , které jsou sumou vydání za jednotlivé kontroly $C_{kont}^1, C_{kont}^2, C_{kont}^3, \dots$ vznikající v nenáhodných časových okamžicích $0 < U_{kont} < 2U_{kont} < 3U_{kont} < \dots$. Dostáváme pro ně vyjádření

$$N_{kont}^t = \sum_{n=1}^{+\infty} C_{kont}^n e^{-npU_{kont}} I_{[nU_{kont} \leq t]}.$$

Předpoklady:

- náhodné veličiny $C_{kont}^n, n \in N$ jsou dohromady statisticky nezávislé a všechny mají stejné rozdělení pravděpodobnosti, které budeme označovat $F_{c,kont}$;
- doba mezi plánovanými kontrolami U_{kont} je nenáhodná.

2.6. Náklady na rekonstrukce

V intervalu $[0, t]$ uvažujeme **náklady na rekonstrukce** N_{rek}^t , které jsou součtem vydání za rekonstrukce $C_{rek}^1, C_{rek}^2, C_{rek}^3, \dots$ vznikající v náhodných okamžicích $0 < U_{rek}^1 < U_{rek}^2 < U_{rek}^3 < \dots$. Dostáváme pro ně vyjádření

$$N_{rek}^t = \sum_{n=1}^{+\infty} U_{rek}^n e^{-\rho U_{rek}^n} I_{[U_{rek}^n \leq t]}.$$

Předpoklady:

- náhodné veličiny $C_{rek}^n, U_{rek}^{n+1} - U_{rek}^n, n \in N$ jsou dohromady statisticky nezávislé a nezávislé také na U_{rek}^1 ;
- náhodné veličiny $C_{rek}^n, n \in N$ mají všechny stejné rozdělení pravděpodobnosti, které budeme označovat $F_{c,rek}$;
- doby mezi rekonstrukcemi $U_{rek}^{n+1} - U_{rek}^n, n \in N$ i U_{rek}^1 mají stejné rozdělení pravděpodobnosti, které budeme označovat $F_{u,rek}$.

2.7. Náklady na odstranění objektu

Objekt může z nějakého důvodu zaniknout. Budeme rozlišovat dvě možnosti:

- investor změni záměr a rozhodne se objekt odstranit. Dojde k tomu v náhodném okamžiku T_{ods} s rozdělením pravděpodobnosti $F_{c,ods}$ a náklady na zbourání N_{ods} budou také náhodné s rozdělením pravděpodobnosti F_{ods} ;
- dojde k havárii objektu s následným zbouráním. Náhodný čas, kdy k tomu dojde, budeme značit T_{hav}

s rozdělení pravděpodobnosti $F_{c,hav}$ a příslušné náklady N_{hav} budou náhodné s rozdělením pravděpodobnosti F_{hav} .

Jsou zde také zahrnuty náklady na uložení odpadu, na případnou recyklaci některých materiálů, na zajištění náhradního provozu atd.

3. Model celkových nákladů do časového horizontu

Nyní sestavíme rozvahu pro celkové náklady stavby do zadaného časového horizontu H . Celkové náklady lze vyjadřovat pouze v okamžiku v intervalu $[0, H]$ a pouze pokud stavba stojí, nebo přesně v okamžiku, kdy byla odstraněna nebo zničena. To znamená, že uvažujeme pouze okamžiky $t \geq 0, t \leq \min\{H, T_{ods}, T_{hav}\}$. Pro takový časový okamžik vyjádříme celkové náklady rovnicí

$$N'_{celkem} = N_{inv} + N'_{udr} + N'_{opr} + N'_{Gopr} + N'_{kont} + N'_{rek} + N_{ods} e^{-\rho T_{ods}} I_{[T_{ods} \leq t]} + N_{hav} e^{-\rho T_{hav}} I_{[T_{hav} \leq t]}.$$

Dosaďme-li nyní rozpis jednotlivých nákladů, dostaneme

$$\begin{aligned} N'_{celkem} &= N_{inv} + C_{udr} \int_0^t e^{-\rho s} ds + \\ &+ \sum_{n=1}^{+\infty} C_{opr}^n e^{-\rho U_{opr}^n} I_{[U_{opr}^n \leq s]} + \\ &+ \sum_{n=1}^{+\infty} C_{Gopr}^n e^{-npU_{Gopr}} I_{[nU_{Gopr} \leq t]} + \\ &+ \sum_{n=1}^{+\infty} C_{kont}^n e^{-npU_{kont}} I_{[nU_{kont} \leq t]} + \\ &+ \sum_{n=1}^{+\infty} C_{rek}^n e^{-\rho U_{rek}^n} I_{[U_{rek}^n \leq t]} + \\ &+ N_{ods} e^{-\rho T_{ods}} I_{[T_{ods} \leq t]} + N_{hav} e^{-\rho T_{hav}} I_{[T_{hav} \leq t]}. \end{aligned}$$

Nyní označme $T = \min\{T_{ods}, T_{hav}\}$. Jde o čas, kdy dojde z nějakého důvodu ke zničení nebo odstranění objektu. Pro rozvahu investora a provozovatele objektu je důležitý okamžik $S = \min\{H, T\}$, ke kterému celkové náklady počítáme.

Pokud dojde k tomu, že bude dosaženo zadaného horizontu H , aniž by byl objekt zničen nebo zbourán, pak vzniknou dodatečné náklady používáním objektu v období $[H, +\infty)$. Tyto náklady shrneme do jedné položky, kterou budeme označovat N_H . Můžeme je vyjádřit například rekurentním použitím našeho modelu postupně pro intervaly $[H, 2H], [2H, 3H], [3H, 4H]$ atd. Ovšem výpočet je podmíněn předpokladem, že objekt nebyl do daného okamžiku zbourán a stále se používá.

Nyní již můžeme vypočítat celkové náklady investora a provozovatele stavby. Představený model vyčísluje celkové náklady stavby hodnotou

$$N = N'_{celkem} + N_H I_{[H < T]}.$$

Toto jsou však náklady ex post, které závisí na neznámém budoucím vývoji. Jsou tedy v čase, kdy je třeba učinit počáteční rozhodnutí, náhodné. Celkové náklady N mají rozdělení pravděpodobnosti F_N . Toto rozdělení je sice našimi předpoklady jednoznačně určeno, ale jeho tvar je velmi složitý.

Pro počáteční rozhodování investora a provozovatele je třeba využít pouze takovou charakteristiku rozdělení celkových nákladů N , která je k dispozici již před zahájením pro-

jektu. Tuto charakteristiku označme $U(N)$. Vhodných charakteristik rozdělení pravděpodobnosti je mnoho. Například střední hodnota, medián, $(1 - \alpha)$ -kvantil, střední hodnota zmenšená o směrodatnou odchylku atd. V dalším textu krátce pojednáme o střední hodnotě a o mediánu jako o možné volbě charakteristiky $U(N)$. Ukážeme také vztah našich úvah k návrhu kvantifikace rizika v člancích [6] a [6].

4. Příklady volby charakteristiky $U(N)$

V tomto oddílu se budeme zabývat volbou charakteristiky rozdělení pravděpodobnosti náhodné veličiny N . Připomeňme si proto základní pojmy z počtu pravděpodobnosti.

Pravděpodobnost náhodného jevu A budeme označovat $P(A)$. Veličinu, jejíž hodnota je ovlivněna náhodným vlivem, nazýváme náhodná veličina. Střední hodnotu (nebo střední očekávanou hodnotu) náhodné veličiny X budeme označovat symbolem $E[X]$ a v obecném případě jí rozumíme Lebesgue-Stieltjesův integrál

$$E[X] = \int X dF_X,$$

kde F_X je rozdělení pravděpodobnosti náhodné veličiny X .

Pokud náhodná veličina X nabývá pouze přirozených hodnot, pak

$$E[X] = \sum_{n=1}^{+\infty} nP(x=n).$$

Existuje-li hustota f rozdělení pravděpodobnosti náhodné veličiny X , pak

$$E[X] = \int_{-\infty}^{+\infty} xf(x)dx.$$

4.1. Střední hodnota

Uvažujme střední hodnotu $E[N]$ jako rozhodovací charakteristiku $U(N)$. S využitím aditivity střední hodnoty a nezávislosti předpokládané v našem modelu dostaneme vyjádření

$$\begin{aligned} U(N) &= E[N] = E[N_{\text{celkem}}^S] + E[N_H I_{\{H < T\}}] = \\ &= E[N_{\text{inv}}] + C_{\text{udr}} E\left[\int_0^S e^{-\rho s} ds\right] + \\ &+ E[C_{\text{opr}}^1] E[e^{-\rho U_{\text{opr}}^1} I_{\{U_{\text{opr}}^1 \leq S\}}] + \\ &+ E[C_{\text{opr}}^2] \sum_{n=2}^{+\infty} E[e^{-\rho U_{\text{opr}}^n} I_{\{U_{\text{opr}}^n \leq S\}}] + \\ &+ E[C_{\text{Gopr}}^1] \sum_{n=1}^{+\infty} E[e^{-n\rho U_{\text{Gopr}}} I_{\{nU_{\text{Gopr}} \leq S\}}] + \\ &+ E[C_{\text{kont}}^1] \sum_{n=1}^{+\infty} E[e^{-n\rho U_{\text{kont}}} I_{\{nU_{\text{kont}} \leq S\}}] + \\ &+ E[C_{\text{reko}}^1] \sum_{n=1}^{+\infty} E[e^{-n\rho U_{\text{reko}}^n} I_{\{nU_{\text{reko}}^n \leq S\}}] + \\ &+ E[N_{\text{ods}}] + E[e^{-\rho T_{\text{ods}}} I_{\{T_{\text{ods}} = S\}}] + \\ &+ E[N_{\text{hav}}] + E[e^{-\rho T_{\text{hav}}} I_{\{T_{\text{hav}} = S\}}] + \\ &+ E[N_H] P(H < T). \end{aligned}$$

Uvažujme nyní investora, pro kterého jsou náklady v budoucnosti stejně závažné jako náklady v současnosti, tj. $\rho = 0$. Pak dostáváme

$$\begin{aligned} U(N) &= E[N_{\text{inv}}] + C_{\text{udr}} E[S] + \\ &+ E[C_{\text{opr}}^1] P(U_{\text{opr}}^1 \leq S) + \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &+ E[C_{\text{opr}}^2] \sum_{n=2}^{+\infty} P(U_{\text{opr}}^n \leq S) + \\ &+ E[C_{\text{Gopr}}^1] \sum_{n=1}^{+\infty} P(nU_{\text{Gopr}} \leq S) + \\ &+ E[C_{\text{kont}}^1] \sum_{n=1}^{+\infty} P(nU_{\text{kont}} \leq S) + \\ &+ E[C_{\text{reko}}^1] \sum_{n=1}^{+\infty} P(U_{\text{reko}}^n \leq S) + \\ &+ E[N_{\text{ods}}] P(T_{\text{ods}} = S) + \\ &+ E[N_{\text{hav}}] P(T_{\text{hav}} = S) + \\ &+ E[N_H] P(H < T). \end{aligned}$$

Dosaďme nyní za čas S a T jejich vyjádření pomocí H , T_{ods} a T_{hav} .

$$\begin{aligned} U(N) &= E[N_{\text{inv}}] + C_{\text{udr}} E[\min\{H, T_{\text{ods}}, T_{\text{hav}}\}] + \\ &+ E[C_{\text{opr}}^1] P(U_{\text{opr}}^1 \leq \min\{H, T_{\text{ods}}, T_{\text{hav}}\}) + \\ &+ E[C_{\text{opr}}^2] \sum_{n=2}^{+\infty} P(U_{\text{opr}}^n \leq \min\{H, T_{\text{ods}}, T_{\text{hav}}\}) + \\ &+ E[C_{\text{Gopr}}^1] \sum_{n=1}^{+\infty} P(nU_{\text{Gopr}} \leq \min\{H, T_{\text{ods}}, T_{\text{hav}}\}) + \\ &+ E[C_{\text{kont}}^1] \sum_{n=1}^{+\infty} P(nU_{\text{kont}} \leq \min\{H, T_{\text{ods}}, T_{\text{hav}}\}) + \\ &+ E[C_{\text{reko}}^1] \sum_{n=1}^{+\infty} P(U_{\text{reko}}^n \leq \min\{H, T_{\text{ods}}, T_{\text{hav}}\}) + \\ &+ E[N_{\text{ods}}] P(T_{\text{ods}} = \min\{H, T_{\text{hav}}\}) + \\ &+ E[N_{\text{hav}}] P(T_{\text{hav}} = \min\{H, T_{\text{ods}}\}) + \\ &+ E[N_H] P(H < \min\{T_{\text{ods}}, T_{\text{hav}}\}). \end{aligned}$$

Tento model celkových nákladů představuje zjemnění modelu navrženého v článku [6].

Položme $H = t_L$, kde t_L je doba, po kterou má objekt sloužit, a vylučme možnost havárie, tj. $T_{\text{hav}} = +\infty$. Dále nebudeme uvažovat náklady po času t_L , tj. $N_H = 0$. Při těchto zjednodušeních dostáváme model

$$\begin{aligned} U(N) &= E[N_{\text{inv}}] + C_{\text{udr}} E[\min\{t_L, T_{\text{ods}}\}] + \\ &+ E[C_{\text{opr}}^1] P(U_{\text{opr}}^1 \leq \min\{t_L, T_{\text{ods}}\}) + \\ &+ E[C_{\text{opr}}^2] \sum_{n=2}^{+\infty} P(U_{\text{opr}}^n \leq \min\{t_L, T_{\text{ods}}\}) + \\ &+ E[C_{\text{Gopr}}^1] \sum_{n=1}^{+\infty} P(nU_{\text{Gopr}} \leq \min\{t_L, T_{\text{ods}}\}) + \\ &+ E[C_{\text{kont}}^1] \sum_{n=1}^{+\infty} P(nU_{\text{kont}} \leq \min\{t_L, T_{\text{ods}}\}) + \\ &+ E[C_{\text{reko}}^1] \sum_{n=1}^{+\infty} P(U_{\text{reko}}^n \leq \min\{t_L, T_{\text{ods}}\}) + \\ &+ E[N_{\text{ods}}] P(T_{\text{ods}} \leq t_L). \end{aligned}$$

Nyní již můžeme vyjádřit jednotlivé položky z článku [6] pomocí naší symboliky

$$N_{\text{in}} = E[N_{\text{inv}}],$$

$$N_m = C_{\text{udr}} E[\min\{t_L, T_{\text{ods}}\}],$$

$$p_1 N_1 = E[C_{\text{opr}}^1] P(U_{\text{opr}}^1 \leq \min\{t_L, T_{\text{ods}}\}) +$$

$$+ E[C_{\text{opr}}^2] \sum_{n=2}^{+\infty} P(U_{\text{opr}}^n \leq \min\{t_L, T_{\text{ods}}\}) +$$

$$\begin{aligned}
 & + E[C_{\text{Gopr}}^1] \sum_{n=1}^{+\infty} P(nU_{\text{Gopr}} \leq \min\{t_L, T_{\text{ods}}\}), \\
 N_k & = E[C_{\text{kont}}^1] \sum_{n=1}^{+\infty} P(nU_{\text{kont}} \leq \min\{t_L, T_{\text{ods}}\}), \\
 p_2 N_2 & = E[C_{\text{reko}}^1] \sum_{n=1}^{+\infty} P(U_{\text{reko}}^n \leq \min\{t_L, T_{\text{ods}}\}), \\
 p_3 N_3 & = E[N_{\text{ods}}] P(T_{\text{ods}} \leq t_L).
 \end{aligned}$$

To znamená, že model z článku [6] předpokládá zjednodušenou situaci a v ní se shoduje s modelem vytvořeným v našem článku.

4.2. Kvantil

Jinou častou volbou užitkové funkce je $(1 - \alpha)$ -kvantil rozdělení sledované náhodné veličiny. V našem případě bude postup vypadat následovně. Na základě sledovaného problému je určena hladina α (např. $\alpha = 0,5$, $\alpha = 0,9$ nebo $\alpha = 0,95$). Hledáme pak $U(N) = u_{-}\{1 - \alpha\}$, kde $u_{-}\{1 - \alpha\}$ je $(1 - \alpha)$ -kvantil pravděpodobnostního rozdělení celkových nákladů N . To znamená, že je splněno

$$P(N > u_{-}\{1 - \alpha\}) \leq \alpha \leq P(N \geq u_{-}\{1 - \alpha\}).$$

Předpoklady nezávislosti pozorovaných náhodných veličin umožňují nalézt hodnotu kvantilu $u_{-}\{1 - \alpha\}$ pomocí iteračních numerických procedur. Není však možné jej zapsat jednoduchou explicitní formulí.

Připomeňme, že volba $\alpha = 0,5$ vede na **medián** pravděpodobnostního rozdělení celkových nákladů N .

5. Závěr

V článku jsme představili pravděpodobnostní model celkových nákladů stavebních objektů. Model je takový, že při znalosti potřebných rozdělení pravděpodobnosti dokážeme popsat rozdělení pravděpodobnosti celkových nákladů N . Investor pak může pro svá rozhodnutí využít nějaké vhodné charakteristiky $U(N)$ tohoto rozdělení. Vyčíslení této charakteristiky je vždy možné. Sice ne každou lze zapsat uzavřenou formulí, ale pro každou existují efektivní výpočetní postupy, které její hodnotu dokáží aproximovat se zadanou chybou.

Konkrétní volba charakteristiky $U(N)$ závisí na investorevě solventnosti a ochotě riskovat. V článku konkrétně zmiňujeme nejčastěji používané volby: střední hodnotu, medián a $(1 - \alpha)$ -kvantil.

Volba střední hodnoty jako této charakteristiky je vhodná pro velkého investora, který má více podobných investičních záměrů a jeho solventnost není ohrožena částečnou ztrátou. Rozhodování podle střední hodnoty však již není vhodné pro menšího investora, který má jen několik investičních záměrů. Pro něj již částečná ztráta může znamenat problémy se solventností a následný bankrot. Pro investora tohoto typu je třeba brát v potaz i náhodné fluktuační kolemy střední hodnoty. To znamená volit jako rozhodovací charakteristiku $U(N)$ např. medián, $(1 - \alpha)$ -kvantil nebo střední hodnotu zmenšenou o směrodatnou odchylku.

Práce na tomto příspěvku probíhaly za podpory grantového projektu č. 103/00/603 GA ČR.

Literatura

- [1] Holický, M. – Teplý, B.: Pravděpodobnostní hlediska v současných předpisech pro navrhování stavebních konstrukcí. *Stavební obzor*, 6, č. 2, 1997, s. 33–37.

- [2] Resnick, S. I.: *Adventures in Stochastic Processes*. Boston, Birkhäuser 1992.
- [3] Stewart, M. G.: *Risk-Based Approaches to the Assessment of Existing Bridges*. Research Report No. 168.10.1998, The University of Newcastle, Austrálie, 1998.
- [4] Stewart, M. G.: *Risk-Based Optimisation of Repair Strategies for Concrete Bridge Decks Considering Cracking and Spalling Limit States and Life-Cycle Cost Analysis*. Research Report No. 190.03.2000, The University of Newcastle, Austrálie, 2000.
- [5] Teplý, B.: *Otázky životnosti nosných konstrukcí*. [Sborník], konference „Betonářské dny“, Praha, 2000.
- [6] Teplý, B. – Bauer, K. – Křístek, V.: *Problematika rizik a celkových nákladů stavebních objektů*. [Sborník], konference „Betonářské dny“, Praha, 2000.
- [7] Teplý, B. – Novák, D.: *Problematika kvantifikace rizika*. [Sborník], konference „Spolehlivost konstrukcí“, Dům techniky Ostrava, 2000, s. 93–96.
- [8] Tichý, M.: *Rizikové inženýrství*. *Stavební obzor* 9/94, 9/95, 1/96.

Bauer, K. – Lachout, P.: A Probability Model of Total Costs of Constructions

For an investor to be able to decide which investment scheme to undertake, it is necessary to estimate the total costs to be allocated for the purchase, operation and potential liquidation of a given construction effectively. This paper presents a mathematical model to facilitate the estimation. By their nature, all the costs are divided into investment costs, maintenance costs, repair costs, etc. They are assumed to be random. It means the time of origin and the magnitude of partial costs are affected by random factors. Therefore, the total costs, as a sum of the partial costs, are also random. Based on the model, the authors have designed a method of non-random quantification of total costs which can be calculated before the start of the investment project and help the investor in decision making. Inflation and the investor's approach to future costs are also assumed by the presented model.

Bauer, K. – Lachout, P.: Wahrscheinlichkeitsmodell der Gesamtkosten von Bauobjekten

Damit sich ein Investor entscheiden kann, welches Investvorhaben er realisieren soll und welches nicht, benötigt er eine Möglichkeit zur effektiven Schätzung der Höhe der Gesamtkosten, die zum Erwerb, für den Betrieb und eine eventuelle Beseitigung des gegebenen Bauobjektes aufzuwenden sind. Es ist deshalb Ziel des Beitrags, ein mathematisches Modell vorzustellen, das diese ermöglichen würde. Die einzelnen Teilkosten sind ihrem Charakter nach in Investitionskosten, Aufwendungen zur Unterhaltung, Reparaturkosten usw. unterteilt. Sie werden als zufällige Kosten betrachtet. Das bedeutet, dass der Zeitpunkt der Entstehung und die Höhe der Teilkosten durch Zufallsfaktoren beeinflusst werden. Die Gesamtkosten sind als Summe der Teilkosten daher auch zufällig. Auf Grund des Modells werden daher Vorschläge für eine nichtzufällige Quantifizierung der bereits vor Beginn des Investitionsvorhabens zu beziffernden Gesamtkosten gemacht, die dem Investor zur Entscheidungsfindung dienen kann. Das vorgelegte Modell rechnet mit einer bestimmten Inflation und berücksichtigt den Standpunkt des Investors zu den künftigen Aufwendungen.

Pásmové charakteristiky podélných nerovností vozovek

Ing. Oldřich KROPÁČ, DrSc.
Ing. Jaroslav ŠPRINC, CSc.
Ing. Michal ŠPRINC
ŠPRINC-DYNEX
Praha

Kromě obecně užívaných ukazatelů podélné nerovnosti vozovek a výkonové spektrální hustoty určené mírou nerovnosti a vlnitostí je v poslední době oblíbená trojice ukazatelů (obvykle rozptyly) pro tři samostatně uvažovaná navazující dílčí pásma vlnových délek, totiž krátké, střední a dlouhé. Diskutuje se význam jejich rozlišování, jsou naznačeny způsoby dělení původního pásma účinných vlnových délek nerovnosti a jejich závislost na návrhové rychlosti vozovky. Je-li pro tato pásma dán rozptyl, lze aproximovat výkonovou spektrální hustotu nerovnosti v logaritmickém grafu pomocí lomené čáry složené z přímků v jednotlivých pásmech, které jsou určeny lokální mírou nerovnosti a vlnitostí.

1. Úvod

Pomineme-li starší, zpravidla heuristicky motivované a nyní již nepoužívané charakteristiky podélných nerovností vozovek, jako byly např. číselné charakteristiky, které poskytovaly svého času oblíbené „bump-metry“ nebo via-grafy, jsou nyní nejčastěji používanými charakteristikami nerovnosti maximální světlost mezi měřicí lať (délky zpravidla 3 až 5 m) položenou na vozovku a jejím povrchem (krátce jen „lať“), dále pak index IRI (International Roughness Index), a konečně výkonová spektrální hustota (VSH) podélného profilu, chápaného jako realizace náhodné funkce. Měřicí lať (též v různých mechanizovaných podobách) je oblíbená pro svou jednoduchost při přejímkách prací na vozovkách, jejím zásadním metodickým nedostatkem však je, že postihuje pouze vlnové délky vyplývající z vlastní délky. V současnosti velmi propagovaný IRI je založen na odezvě nejjednoduššího analytického modelu vozidla (one-quarter-car) s parametry odpovídajícími osobnímu vozu střední kategorie (golden car). Využívá vlnové délky jen do cca 35 m, takže nepokrývá účinné vlnové délky nerovnosti vozovek pro rychlá osobní vozidla (do 65 m), tím méně pro moderní letadla (přes 130 m).

Nejúplnějši charakteristikou výškových nerovností H [m] podél trasy (staničení) l [m], podélného profilu $H(l)$ je výkonová spektrální hustota $G_H(\Omega)$, jejímž argumentem je vlnové číslo Ω [rad/m], které s vlnovou délkou L [m] souvisí vztahem $\Omega = 2\pi/L$. Při vhodně zvolené délce podélného profilu a kroku odečítání diskrétních hodnot staničení lze získat údaje v oblasti zmíněných dlouhých vlnových délek nerovnosti dálnic a letištních drah.

Obsáhlé experimenty prokázaly, že pro $G_H(\Omega)$ lze u vozovek dobré kvality použít analytickou aproximaci ve tvaru

$$G_H(\Omega) = G(\Omega_0) \cdot (\Omega/\Omega_0)^{-w}, \quad (1)$$

kde $G(\Omega_0)$ je „míra nerovnosti“ a w [1] „vlnitost“. Obvykle se volí $\Omega_0 = 1$ rad/m, čemuž odpovídá vlnová délka $L_0 = 6,28$ m. Pak pro $G_H(\Omega)$ píšeme zkráceně

$$G_H(\Omega) = C^* \Omega^{-w}. \quad (1a)$$

Alternativně se za délkovou frekvenci používá vlnčet σ [m⁻¹] = $1/L$. Výkonová spektrální hustota nerovnosti se pak vyjádří ve tvaru

$$G_H(\sigma) = G(\sigma_0)(\sigma/\sigma_0)^{-w}. \quad (2)$$

Volíme-li $\sigma_0 = 1$, tj. $L = 1$ m, můžeme psát zkráceně

$$G_H(\sigma) = C \cdot \sigma^{-w}. \quad (2a)$$

Přítom z podmínky $G_H(\sigma) \cdot d\sigma = G_H(\Omega) \cdot d\Omega$ odvodíme

$$C = C^*/(2\pi)^{w-1}. \quad (2b)$$

Poznámka: Někdy se volí $\sigma_0 = 0,1$ m⁻¹, což odpovídá vlnové délce 10 m. Mezi $C(1)$ a $C(0,1)$ najdeme z podmínky $G(1) \cdot (\sigma/1)^{-w} = G(0,1) \cdot (\sigma/0,1)^{-w}$ vztah $G(0,1) = G(1) \cdot 10^w$. Obecně, pro přepočítání dané míry nerovnosti $G(\sigma_0)$ na novou $G(\sigma_1)$ platí

$$G(\sigma_1) = G(\sigma_0) \cdot (\sigma_1/\sigma_0)^{-w}. \quad (2c)$$

Lze ji ovšem vyjádřit i jako funkci vlnové délky L [1]. Z podmínky $G_H(L) \cdot dL = G_H(\sigma) \cdot d\sigma$ vyplývá

$$G_H(L) = C \cdot L^{w-2}, \quad (3)$$

resp. formálně přesněji

$$G_H(L) = C \cdot L_0^{w-2} \cdot (L/L_0)^{w-2}. \quad (3a)$$

2. Účinná pásma vlnových délek podélné nerovnosti

Vedle indexu IRI, který představuje jednočíselnou charakteristiku pro zmíněný rozsah vlnových délek (do 35 m) a nerovnosti výkonové spektrální hustoty $G_H(\Omega)$, resp. $G_H(L)$, se v poslední době uplatňují indexy – třídy, které charakterizují podélnou nerovnost vektorem tří čísel, které se vztahují postupně na krátké (K), střední (S) a dlouhé (D) vlnové délky. Jednou z prvních triád byly indexy NBO (Note par Bande d'Onde) pro hodnocení pomocí vlnového pásma, používané ve Francii již od sedmdesátých let minulého století jako výsledek hodnocení údajů z měřicího přívěsu APL (analyzátoru podélného profilu). V průběhu evropské části harmonizačního experimentu World Road Association [14], nazvaného FILTER a organizovaného sdružením evropských silničních laboratoří [2], [3], bylo představeno sedm indexů typu triád. Má proto své opodstatnění zabývat se touto problematikou poněkud podrobněji.

Důležitost rozlišování úrovně podélné nerovnosti vozovek podle několika, konkrétně tří pásem vlnových délek nerovnosti, vyplývá ze systémového pojetí funkční dvojice vozovka – přejíždějící vozidlo jako jednotné dynamické soustavy, jejíž dílčí složky se vzájemně ovlivňují. Východím bodem našich úvah je vozidlo, pro jehož typickou současnou konfiguraci (čtyřkolový dvounápravový osobní vůz střední kategorie) lze jako nejjednodušší model použít soustavu dvou soustředěných hmot sériově spojených (lineárními) pružnými a tlumícími prvky. Takový model s vhodně vybranými parametry vykazuje (v souladu s empi-

rickými poznatky) dvě hlavní rezonanční oblasti, první v rozmezí 0,5 až 2 Hz (houpání vozidla jako celku, přesněji jeho odpružené části, které svými dynamickými účinky ovlivňuje konstrukci vozovky), druhou v rozmezí 8 až 35 Hz (drnčení podvozku, které dynamickými účinky ovlivňuje pouze povrchové vrstvy vozovky). Při jízdě rychlostí v [m/s] vlnová délka L [m] vyvolá kmitání ve frekvenci

$$f = v/L. \quad (4)$$

Z tohoto vztahu vyplývá, že kmity v první rezonanční oblasti (při dané rychlosti jízdy) vyvolávají dlouhé vlnové délky, kmity ve druhé rezonanční oblasti pak krátké vlnové délky. Mezeře mezi první a druhou rezonanční oblastí vozidla odpovídá pásmo středních („neúčinných“) vlnových délek. Dostáváme se tak ke zmíněnému rozlišení vlnových délek na krátké, střední a dlouhé. Konkrétní vymezení jednotlivých pásem, jak se v současnosti zpravidla používají, je uvedeno v horní třetině *tab. 1* (řádky 1 až 4). Jako první je uvedena oficiální klasifikace Světové silniční asociace WRA (dřívější označení PIARC), za ní následují tři schémata použitá v rámci programu FILTER, a to směrodatná odchylka produkovaná měřicím systémem RST (Silniční ústav VTI, Švédsko) – položka č. 2, dále pak kvantitativní stupnice NBO produkovaná měřicím přívěsem APL (Francie) – položka č. 3, a konečně schéma použité při jednotném vyhodnocování všech měření programu FILTER – položka č. 4. Jak ovšem vyplývá ze vztahu (4), vlnové délky vyvolávající rezonanční pásma inherentní přejížděcímu vozidlu se mění s jeho rychlostí [4], [5]. Proto autoři příspěvku navrhli klasifikaci vlnových délek nerovnosti podle provozního určení vozovek, charakterizovaného typickými hodnotami rychlosti provozovaných vozidel, resp. letadel na letištní ploše [6], [7] – *tab. 1* (položky 5, 6, 7), přičemž byla použita zjednodušující jednoúčelová označení jejich provozního charakteru.

Při zpracování zjištěných posloupností dat o podélném profilu, zahrnující mj. filtraci a diskretní Fourierovy transformace, se ukázalo z hlediska použitých algoritmů jako výhodné, jestliže se hranice mezi pásmy vlnových délek odstupňují podle geometrické řady, konkrétně jako bioktákové (s kvocientem 4). Tomuto požadavku vyhovují v *tab. 1* položky 3 a 4. Vezmeme-li v úvahu autory odůvodňovanou nezbytnost rozlišovat odstupňování pásem vlnových délek podle rychlostí přejížděcích vozidel, dostaneme návrhy podle položek 8 až 11, které se zdají být vhodným podkladem pro žádoucí normalizační práce v této oblasti.

Tab. 1. Hranice tří pásem vlnových délek nerovností

Č.	Autor	Vlnová délka [mm]			Poznámka
		krátká	střední	douhá	
1.	WRA-PIARC	0,50	5,000	15,00 – 50,0	
2.	Sigma RST	0,50	2,500	10,00 – 50,0	
3.	NBO/APL	0,70	2,800	11,20 – 44,8	
4.	FILTER [3]	0,78	3,125	12,50 – 50,0	
5.	ŠKP 1 [6], [7]	0,50	3,000	10,00 – 45,0	$v = 60$ km/h, státní silnice
6.	ŠKP 2 [6], [7]	0,50	5,000	15,00 – 65,0	$v = 120$ km/h, dálnice
7.	ŠKP 3 [6], [7]	0,50	10,000	30,00 – 170,0	$v = 240$ km/h, letištní dráhy
8.		0,50	2,000	8,00 – 32,0	$v = 60$ km/h, místní komunikace
9.	návrhy	0,75	3,000	12,00 – 48,0	$v = 90$ km/h, státní silnice
10.	na normalizaci	1,00	4,000	16,00 – 64,0	$v = 120$ km/h, dálnice
11.		2,00	8,000	32,00 – 128,0	$v = 240$ km/h, letištní dráhy

3. Souvislost mezi charakteristikami podélné nerovnosti

Při existenci několika různě koncipovaných indexů podélné nerovnosti vozovek je nasnadě otázka o jejich vzájemné převoditelnosti. Z definic vyplývá, že mezi některými existuje deterministická souvislost. Jedním ze záměrů experimentu [14] bylo shromáždit reprezentativní soubor údajů, z nichž by se vypočítaly regresní vztahy mezi parametry, které by ověřily či doplnily vzájemné teoretické vazby, samozřejmě pokud existují.

3.1. Parametr C a index IRI

Pro úplnost nejprve stručně shrneme problematiku vztahu mezi C a IRI, z praktického hlediska bezpochyby nejzájímavější. V článku [8] je ukázáno, že pro gaussovské rozdělení výškových nerovností by mezi C a IRI měl platit analytický vztah

$$IRI = \text{konst } C^{0,5}, \quad (5)$$

který pro možnost porovnávání s regresními vztahy odvozenými z experimentálních dat zobecníme na tvar

$$IRI = a \cdot C^b. \quad (5a)$$

Z vyhodnocených regresních vztahů vyplývá, že b se pohybuje mezi 0,500 až 0,667. Na základě těchto výsledků byly navrženy stupnice a normalizace kvalitativních tříd nerovnosti podle IRI, a to v návaznosti na kvalitativní třídy podle ISO 8608 [9], [10].

3.2. Triáda „energie“ a výkonová spektrální hustota

V souvislosti s rozvojem používání různých triád je aktuální otázka vztahu těchto indexů k jiným, často používaným charakteristikám. Pro porovnání teoretického rozboru s empirickými údaji využijeme výsledky evropské části experimentu WRA-EVEN, tedy programu FILTER [3]. Přitom bylo použito rozlišení vlnových délek nerovností podle *tab. 1* (položka 4), a proto ji použijeme i v této studii. Ve zprávě [3] jsou pod označením W , X , Y podrobně dokumentovány údaje o triádě „energie“, a proto jsou vhodné pro naše porovnání. Z definice této „energie“ jako rozptylu výškových nerovností v jednotlivých pásmech vlnových délek vyplývá její přímá návaznost na nerovnosti výkonové spektrální hustoty.

Integraci vztahu (3a) v mezích od L_m/L_0 , kde L_m je minimální účinná vlnová délka, do L_M/L_0 , kde L_M je maximální účinná vlnová délka, získáme rozptyl D_H výškových nerovností v tomto pásmu vlnových délek

$$D_H = [C/(w-1)] \cdot L_0^{w-2} \cdot [(L_M/L_0)^{w-1} - (L_m/L_0)^{w-1}]. \quad (6)$$

Interval $\langle L_m, L_M \rangle$ rozdělíme na tři pásma podle tab. 1 (řádek 4) a jejich hranice označíme postupně $L_m = 0,78$ m, $L_K = 3,125$ m, $L_S = 12,5$ m a $L_M = 50$ m. Celkový rozptyl nerovnosti D_H podle (6) pak můžeme rozdělit na tři aditivní složky, totiž rozptyl vlnových délek krátkých D_K , středních D_S a dlouhých D_D , tedy

$$D_H = D_K + D_S + D_D, \tag{6a}$$

kde pro D_K v rovnici (6) za L_M dosadíme L_K , pro D_S za L_M dosadíme L_S a za L_m dosadíme L_K , pro D_D za L_m dosadíme L_S .

Pečlivě provedené a udržované vozovky vykazují pro střední vlnové délky vlnitost v blízkém okolí $w = 2$. Vezmeme-li v úvahu standardní interval nejistoty výsledku [11] při odhadování w z experimentálních dat velikosti 0,10, zjištěné v rámci programu FILTER [3], což znamená interval rozšířené nejistoty 0,20 (pro konfidenční pravděpodobnost 0,95), lze hodnotu $w = 2$ považovat za reprezentativní pro vozovky určené pro vysoké provozní rychlosti, u nichž má sledování úrovně nerovnosti zásadní význam.

Vztah (6) se pro $w = 2$ a $L_0 = 1$ zjednoduší na výraz

$$D_H = C \cdot (L_M - L_m) \tag{6b}$$

a podobně i vztahy pro D_K , D_S a D_D . Po dosazení číselných hodnot pro uvedené meze pásem vlnových délek dostaneme

$$\begin{aligned} D_H &= 49,22 \cdot C, \quad D_K = 2,345 \cdot C, \\ D_S &= 9,375 \cdot C, \quad D_D = 37,5 \cdot C. \end{aligned} \tag{6c}$$

Volba mezních hodnot pásem vlnových délek s kvocien-tem 4 má za následek, že pro $w = 2$ je $D_S/D_K = D_D/D_S = 4$ a ovšem $D_D/D_K = 16$. To lze využít při přepočítávání údajů třídy „energie“, tedy veličin D_K , D_S a D_D vyhodnocených z naměřeného podélného profilu, na parametry C a w modelu výkonové spektrální hustoty (2a).

Nejprve zkontrolujeme, zda platí $D_S/D_K \approx 4$ a $D_D/D_S \approx 4$. Jestliže tak tomu je, usoudíme, že lze položit $w = 2$ a C vypočteme ze vztahu $C = D_H/49,22$ nebo jako aritmetický průměr ze zbývajících tří vztahů (6c) řešených podle C .

Jestliže se ovšem poměr D_S/D_K a D_D/D_S od hodnoty 4 značně liší, je nutno použít obecnější vztah (6) a některé další vazby mezi relevantními parametry. Můžeme se snadno přesvědčit, že mezi D_K , D_S , D_D a w platí vztahy

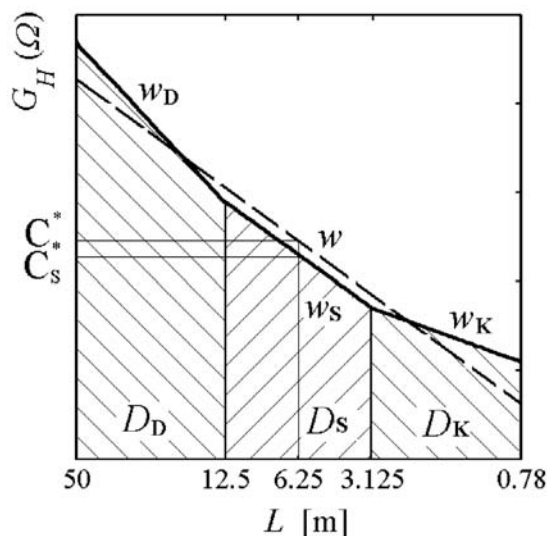
$$D_S/D_K = D_D/D_S = 4^{w-1}, \quad D_D/D_K = 16^{w-1}. \tag{7}$$

Po logaritmování, přiřazení indexů lokálním hodnotám w jednotlivých pásem vlnových délek a drobných formálních

úpravách dostaneme

$$\begin{aligned} w_K &= [\log(D_S/D_K)/\log 4] + 1, \\ w_D &= [\log(D_D/D_S)/\log 4] + 1, \\ w &= w_S = [\log(D_D/D_K)/\log 16] + 1. \end{aligned} \tag{7a}$$

Ze známých D_K , D_S , D_D lze pomocí vztahů (7a) odvodit nejen hodnoty w odlišné od 2, a to jednak pro celý obor účinných vlnových délek, ale i na dílčí pásma vlnových délek krátkých, středních a dlouhých. Vzhledem ke vztahům (7a) platí $w = w_S = 0,5 \cdot (w_K + w_D)$. Známe-li w_K , w_S , w_D , resp. w , můžeme ze vztahů (7) po doplnění relevantními indexy vyhodnotit C_K , C_S , C_D a C . Jednotlivé pásmové úseky výkonové spektrální hustoty se v grafu log-log zobrazí jako úsečky s příslušnými směrnici w . Proto hodnoty parametrů C_K , C_S , C_D a C přiřadíme aritmetickým průměrům logaritmů hranic příslušných úseků, tedy geometrickým průměrům těchto hranic. Ty činí 1,5625 m pro krátké, 6,25 m pro střední a 25,00 m pro dlouhé vlny. Hodnota 6,25 platí též pro celý rozsah $\langle L_m, L_M \rangle$, dostáváme tedy (zanedbáme-li malý rozdíl mezi 6,25 a 2π) míru nerovnosti C^* [rad.m], kterou podle potřeby přepočteme na C [m] podle vztahu (2b).



Obr. 1. Schémata aproximace VSH

Z odvozených hodnot veličin w a C lze analyticky aproximovat výkonovou spektrální hustotu dvěma způsoby:

- a) přímkou přes celý rozsah vlnových délek $\langle 0,78; 50,00 \rangle$ procházející bodem $[6,25; C = D_H(w-1)/(50^{w-1} - 0,78^{w-1})]$ se

Tab. 2. Výpočet parametrů míry nerovnosti C^* a vlnitosti w výkonové spektrální hustoty nerovnosti z rozptylů D_K , D_S , D_D

Označení	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)*	(13)	(14)	(15)
O	2683	11743	28633	4,38	2,44	10,67	2,07	1,86	1,64	20,6	13,2	(12,00)		10,96	1,88
P	830	3720	15573	4,48	4,19	18,76	2,08	2,06	2,03	3,52	3,42	(5,60)		4,24	0,43
Q	1700	7127	27786	4,19	3,90	16,34	2,03	2,01	1,98	7,45	7,22	(8,30)		7,70	0,54
R	2298	43279	130866	18,83	3,02	56,95	3,12	2,46	1,80	18,2	8,54	(14,30)		14,86	2,91
S	55	400	5061	7,27	12,65	92,02	2,43	2,64	2,83	0,12	0,15	(0,70)		0,67	0,12
U	83	316	5675	3,81	17,96	68,37	1,96	2,53	3,08	0,12	0,28	(0,50)		0,78	0,14
V	221	1684	52156	7,62	31,00	236,00	2,46	2,98	3,48	0,24	0,46	1,49	2,49	1,56	0,58
W	389	3789	26444	9,74	7,00	67,98	2,64	2,53	2,40	1,38	1,18	1,23	2,45	2,00	0,88
X	1131	2850	19553	2,52	6,86	17,29	1,67	2,03	2,39	2,86	4,37	2,97	3,01	3,61	2,24
Y	46	303	4926	6,59	16,26	107,09	2,36	2,69	3,01	0,08	0,12	0,48	1,87	0,50	0,11
Z	48	585	6720	12,19	11,49	140,00	2,80	2,79	2,76	0,12	0,12	0,47	1,87	0,67	0,24

* údaje v závorce přepočteny z IRI

zápornou směrnici $w = \log(D_D/D_K)/\log 16 + 1$; tento způsob je vhodný, jestliže w_K a w_D se jen nepatrně liší;

b) lomenou čarou (konvexní nebo konkávní), skládající se v intervalu $\langle 0,78; 3,125 \rangle$ z úsečky procházející bodem $[1,5625; C_K = D_K(w_K - 1)/(3,125^{w_K-1} - 0,78^{w_K-1})]$ se (zápornou) směrnici $w_K = \log(D_S/D_K)/\log 4 + 1$, v intervalu $\langle 3,125; 12,5 \rangle$ z úsečky procházející bodem $[6,25; C_S = D_S(w - 1)/(12,5^{w-1} - 3,125^{w-1})]$ se (zápornou) směrnici $w = \log(D_D/D_K)/\log 16 + 1$ a v intervalu $\langle 12,5; 50 \rangle$ z úsečky procházející bodem $[25; C_D = D_D(w_D - 1)/(50^{w_D-1} - 12,5^{w_D-1})]$ se (zápornou) směrnici $w_D = \log(D_D/D_S)/\log 4 + 1$.

Schématata těchto aproximací jsou znázorněna na obr. 1 – čárkovaně případ a), plně případ b). Popsanou metodu ověříme na ukázkách, v nichž použijeme výsledky programu FILTER [3]. V tabulce 2 je nejprve kódové označení sledovaných vozovek, a dále ve sloupcích:

- (1), (2), (3) – „energie“ D_K, D_S a D_D [3];
 (4) až (6) – poměry $D_S/D_K, D_D/D_S$ a D_D/D_K ;
 (7), (8), (9) – vlnitostí $w_K, w_S = w$ a w_D podle (7a);
 (10) a (11) – míry nerovnosti C^* a C_S^* podle (7);
 (12) a (13) – orientační údaje o nerovnosti vozovek [12].

Pro německé vozovky (položky V až Z) byly uvedeny údaje o C^* (sloupec (12)) i w (sloupec (13)), pro nizozemské (položky O až S) údaje v IRI, které byly pro zařazení do tabulky přepočítány na C^* podle vztahu $C^* = 0,7 \cdot \text{IRI}^{1,6}$ odpovídajícího průměrnému regresnímu vztahu z experimentu EVEN;

- (14) – C^* podle [13];
 (15) – směrodatné odchylky σ_{C^*} pro odhady C^* ze sloupce (14) podle [13] způsobené průměrováním na krátkých délkách 100 m a charakterizující lokální nehomogenitu podélného profilu.

Takto byly získány čtyři odhady míry nerovnosti C^* , které by měly být (v rámci statistických intervalů nejistot) shodné. K názornějšímu porovnání jsou výsledky shrnuty v tab. 3 ve formě rovností ($=$), ještě tolerovaných přibližných rovností (\approx), resp. nerovností ($<$, $>$) a výrazných nerovností ($<<$). Přitom za porovnávací nejuvěřitelnější údaje byly považovány výsledky programu FILTER [13], uvedené ve sloupci (14).

Tab. 3. Schematické porovnání různých odhadů míry nerovnosti C^*

Označení	C^*	C_S^*	C^* [12]	C^* [13]
O	=	=	=	=
P	=	=	\approx	=
Q	=	=	=	=
R	=	<	=	=
S	<	<	=	=
U	<	<	\approx	=
V	<<	<	=	=
W	\approx	\approx	\approx	=
X	=	=	=	=
Y	<	<	=	=
Z	<	<	=	=

Lze konstatovat, že údaje sloupců (12) a (14) v podstatě souhlasí. K souladu mezi sloupci (10) a (11) na straně jedné a sloupci (12) a (14) na straně druhé dochází pouze v polovině případů. Nesoulad nastává u vozovek s nízkým C^* (vozovky S, U, Y, Z), kde odhady z D_K, D_S a D_D jsou nižší než z vyhodnocení celého podélného profilu, a u vozovky V, která vykazuje mimořádně vysoké hodnoty vlnitosti.

Pokud jde o hodnocení samotné vlnitosti w , soulad mezi údaji sloupce (13) a odhady ve sloupci (8), resp. (7) a (9), je pouze u dvou vozovek z celkového počtu pět. Při této příležitosti stojí za poznamenání, že většina zde uvažovaných vozovek (7 z 11) vykazuje průběhy výkonových spektrálních hustot značně odchylné od standardního průběhu s $w = 2$. Takové nestandardní tvary se podle hodnocení několika desítek vozovek z celého programu EVEN vyskytují ve 40 % případů. Za zmínku rovněž stojí, že ve výkonové spektrální hustotě nerovnosti mnohých vozovek se vyskytují výrazné špičky odpovídající periodickým složkám nerovnosti, a to zejména ve středním pásmu vln nerovnosti.

Odtud vyplývá dílčí závěr, že odhady parametrů C^* a w z D_K, D_S a D_D lze použít jako orientační pouze pro vozovky střední a horší kvality za podmínky, že vlnitost se příliš neliší od standardní hodnoty $w = 2$. Nicméně poměr $D_S/D_K, D_D/D_S$ a D_D/D_K je citlivým ukazatelem právě hodnot vlnitosti. Aproximací průběhu výkonové spektrální hustoty navazujícími přímkovými úsečkami (v grafu log-log) lze považovat za přijatelnou pouze pro monotónní průběh, konkávní či konvexní.

3.3. Vztah mezi různými triádami

Jak jsme se již zmínili, v průběhu experimentu FILTER bylo představeno sedm různých triád, které navzájem těsněji či volněji souvisejí. Hlavní překážkou přesného porovnání je však skutečnost, že pásma vlnových délek jsou u nich definována různými způsoby a s hodnotami jejich mezi poněkud odchylnými od schématu použitého při oficiálním vyhodnocování porovnávacích profilů. Definice jednotlivých triád jsou uvedeny (někdy ne zcela úplně a srozumitelně) ve zprávě FEHRL [2] a stručně v článku [14].

Nejjednodušší analytický vztah se jeví mezi již zmíněnou triádou „energie“ (v [3] označenou $\{W, X, Y\}$), v našem značení jako rozptyly D_K, D_S a D_D a „rozptyly“ (v [3] označené $\{C, D, E\}$), které podle definice jeho uživatele jsou rozptyly námi označené obecně jako D , redukované na délku příslušného pásma vlnových délek, tedy obecně $D/(L_h - L_d)$, kde L_h je horní, L_d dolní hranice pásma vlnových délek. Odtud jednoznačně vyplývá lineární vztah mezi stejnohlými prvky obou triád, samozřejmě za předpokladu shodných definic jednotlivých pásem vlnových délek. Z výsledků experimentu [3] ovšem vyplývá, že v případě krátkých vlnových délek vychází závislost mocninová (ovšem velmi blízká přímkové); pro střední vlnové délky je tato závislost sice lineární, avšak silně závislá na průměrovacím intervalu [3], [14], ačkoli by k tomu neměl být důvod; pro dlouhé vlnové délky je korelace mezi experimentálními daty velmi slabá. Uvedený nesoulad mezi průhlednou analytickou souvislostí mezi definicemi indexů a vágními korelačními vazbami mezi relevantními experimentálními daty by bylo třeba objasnit podrobným rozбором výchozích dat i zpracovatelských algoritmů. Pokud by uvedené rozpory byly vysvětleny a jednoduchá deterministická závislost ověřena, složky triády „redukovaný rozptyl“ $\{C, D, E\}$ by se vynásobením příslušnými délkami pásem převedly na rozptyly D $\{W, X, Y\}$ a pro přepočet těchto veličin na parametry výkonové spektrální hustoty by se použil postup uvedený v odst. 3.2.

Další dvě triády, označené shodně jako směrodatné odchylky v běžně užívaném smyslu, mají být odmocninami z „redukovaného rozptylu“ $\{C, D, E\}$. Experimentální výsledky to plně potvrdily v první z nich označené jako $\{Q, R, S\}$. U druhé triády, označené $\{I, 2, 3\}$ se odmocnina rovněž potvrdila, nicméně v poloviční hodnotě, zřejmě v důsledku použití této konstanty v její definici.

Triáda CP (coefficient de planéité – koeficient rovinatosti) označená jako $\{G, H, I\}$ podle definice obsahuje střední hodnoty absolutních odchylek, které pro normální rozdělení jsou $(2/\pi)^{1/2} \approx 0,8$ násobkem směrodatné odchylky. Tento vztah je jako přesný ověřen pro druhou směrodatnou odchylku $\{1, 2, 3\}$, u první $\{Q, R, S\}$ jako polovina, v souladu se shora uvedeným vztahem mezi $\{Q, R, S\}$ a $\{1, 2, 3\}$.

Mezi dosud uvedenými triádami existují jednoduché deterministické vztahy, a proto jejich převedení na „energii“ D umožní najít odhad parametrů výkonové spektrální hustoty podle postupu uvedeného v odst. 3.2.

Zbývající dvě triády se vztahují k indexům NBO, zavedeným ve Francii v návaznosti na výstup dat z již zmíněného měřicího přívěsu APL. Standardní míra rozptylu byla formálně, víceméně subjektivními logaritmickými transformacemi (pro každé vlnové pásmo jinou) převedena do klasifikačních stupnic v rozmezí od 1 (nejhorší) do 10 (nejlepší rovinatost). V programu [3] byly jako NBO deklarovány dva soubory dat od dvou různých účastníků. Po zpracování dat ze změřených podélných profilů však bylo zjištěno, že triádě NBO s klasifikačními stupnicemi 1 až 10 odpovídá pouze soubor výsledků označený dodatečně jako $\{5, 6, 7\}$. Je pochopitelné, že použití empirické logaritmické transformace, nekoherentní s uvedenými transformacemi mezi dosud uvedenými triádami, se promítlo do vztahů k ostatním uvažovaným triádám. Druhá triáda, deklarovaná rovněž jako NBO s označením $\{J, K, L\}$ však podle vyhodnocených regresních vztahů vykazuje vysokou lineární korelaci s triádou $\{Q, R, S\}$, méně výraznou s triádou $\{1, 2, 3\}$ a opět vysokou s CP $\{G, H, I\}$. Odtud lze usoudit, že v případě triády $\{J, K, L\}$ nebyla použita logaritmická transformace výsledků získaných postupem podobným některé ze zmíněných triád $\{G, H, I\}$, $\{Q, R, S\}$, resp. $\{1, 2, 3\}$.

4. Závěr

V průběhu mezinárodního harmonizačního experimentu EVEN-FILTER zaměřeného na porovnání indexů charakterizujících podélné nerovnosti vozovek, bylo představeno sedm „triád“, tj. trojic indexů vztahujících se k pásmům krátkých, středních a dlouhých vlnových délek téže vozovky. Vyjadřuje se tím postupně utvářený názor silničních odborníků, že pro účely systémů hospodaření s vozovkami nepostačuje charakterizace podélných nerovností jediným indexem, jako je např. IRI, průměrným pro celý rozsah účinných vlnových délek nerovností, ale že je nutno uvažovat charakterizaci zvlášť pro krátké, střední a dlouhé vlnové délky. Tento přístup je v souladu s poznáním, že různé vlnové délky nerovností vyvolávající v přejezdějším vozidle kmitání ve dvou výrazně odlišných frekvenčních pásmech, mají rozdílný vliv na degradaci konstrukce vozovky a obecně na různé další stránky negativního působení silniční dopravy na životní prostředí [7]. Přitom je třeba uvážit, že nerovnosti středních vlnových délek působí podle rychlosti jízdy vozidla či letadla v jejich první nebo druhé rezonanci. Nedávná studie navíc ukázala [15], že výkonová spektrální hustota nerovnosti s vlnitostí výrazně odlišnou od $w = 2$ vyvolává v přejezdějším vozidle až o desítky procent vyšší odezvy kinematických a silových veličin, rozhodujících pro hodnocení jízdního pohodlí a zatěžování vozovky.

Paralelní užívání různě definovaných ukazatelů nerovnosti, jak se předpokládá v připravované normě pr. EN 13036-5 (konkrétně IRI, pásmové charakteristiky a výkonová spektrální hustota) vyžaduje úvahy o možnostech jejich vzájemné převoditelnosti. V tomto pojednání byly odvozeny analytické vztahy mezi pásmovými charakteristikami a parametry C^* a w výkonové spektrální hustoty nerovnosti. Jejich

ověření na datech získaných při mezinárodním harmonizačním experimentu EVEN-FILTER však naznačilo možná omezení jejich praktické použitelnosti.

Literatura

- [1] Kropáč, O. – Šprinc, J. – Šprinc, M.: Variantní zobrazení charakteristik náhodných nerovností vozovek. Strojnický časopis, **52**, 2001, č. 5, s. 309–324.
- [2] 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.
- [3] 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 pp.
- [4] Kropáč, O. – Procházka, M. – Šprinc, J.: Kategorizace vozidel a klasifikace vozovek odvozená z chování dynamické soustavy vozovka – vozidlo. Stavební časopis, **32**, 1984, s. 403–421.
- [5] Kropáč, O. – Šprinc, J. – Procházka, M.: Classification of Roads and Runways with Respect to Unevenness of their Pavement. Acta Technica CSAV, **32**, 1987, pp. 203–216.
- [6] Šprinc, J. – Kropáč, O. – Procházka, M. – Šprinc, M.: Pavement Unevenness as a Source of Vibration of Traversing Vehicle: Some New Achievements In: Proceedings FISITA World Automotive Congress, Paris, Sept. 27-Oct. 1, 1998. Poster No. F98S552, 24 pp.
- [7] Šprinc, J. – Kropáč, O. – Šprinc, M.: Types and Components of Road Pavement Roughness and their Different Environmental Impacts. In: Proceedings Fourth International Symposium on Pavement Surface Characteristics of Roads and Airfields SURF 2000. Nantes, France, May 22–24, 2000, pp. 81–90.
- [8] Procházka, M.: Systémy hospodaření s vozovkou, jejich možnosti a meze – 23. a 24. pokračování. Silniční obzor, **54**, 1993, s. 235–236, 268–269.
- [9] ISO 8608:1995: Mechanical Vibration – Road Surface Profiles – Reporting of Measured Data. STN ISO 8608:2000: Mechanické kmitanie. Profily povrchu cesty. Zaznamenavanie nameňaných údajov.
- [10] Kropáč, O. – Šprinc, J. – Šprinc, M.: Klasifikace podélných nerovností vozovek a letištních drah. Magazin ČSN, **12**, 2002, č. 10, s. 278–283.
- [11] Palenčár, R. – Vdoleček, F. – Halaj, M.: Nejistoty v měření I: Vyjadřování nejistot. Automa, **7**, 2001, č. 7–8, s. 50–54.
- [12] Witt, L.B. de – Kempkens, E. et al.: FILTER Experiment: Organization and Carrying Out a Comparison Experiment of High Speed Longitudinal and Transverse Road Evenness Measuring Equipment Used in Europe. FEHRL Techn. Note 1999/02. Delft Road and Hydraulic Engineering Division (DWW) 1999.
- [13] Schmidt, B.: International Experiment to Harmonize Longitudinal and Transverse Profile Unevenness and Reporting Procedures EVEN. Routes/Roads, 2000, No. 308, pp. 49–68.
- [14] Kropáč, O. – Šprinc, J. – Šprinc, M.: Výsledky mezinárodního harmonizačního experimentu EVEN-FILTER a jejich využití v praxi: podélné nerovnosti. Silniční obzor, **64**, 2003, s. 37–48.
- [15] Můčka, P.: Vplyv vlnových délek pozdĺžneho profilu vozovky na kmitanie vozidla. Strojnický časopis, **53**, 2002, s. 357–378.

NOVÝ DOMOV ROKU 2003

Druhý ročník přehlídkové neanonymní jednokolové soutěže vyhlásilo Ministerstvo pro místní rozvoj ve spolupráci s Českou komorou architektů. Jejím účelem a posláním je podporovat kvalitní architekturu pro bydlení a ocenit a popularizovat realizace staveb bytové výstavby. Obdobně jako v prvním ročníku je vysána v kategoriích **novostavba rodinného domu, novostavba bytového domu, rekonstrukce obytné nebo jiné budovy pro bydlení, dům s pečovatelskou službou**. Předmětem soutěže jsou obytné budovy realizované na území České republiky kolaudované v období 1. 1. 2002 až 30. 6. 2003.

www.komunikace-profit.cz

Kropáč, O. – Šprinc, J. – Šprinc, M.: Band Characteristics of Longitudinal Unevenness of Roads

Besides the commonly used indicators of longitudinal road unevenness, such as IRI and power spectral density (PSD) defined by the unevenness index C and waviness w , a triad of indicators (usually variances) for three separately considered adjacent partial wavelength bands, viz. short, medium, and long, have lately become widespread in some countries. The importance of distinguishing three wavelength bands is discussed. Further, the ways of the segmentation of the total band of effectively acting wave lengths into partial sections and their dependence on the design speed of the road are outlined. Given variances for the mentioned three partial sections, PSD in a logarithm graph can be approximated by means of a broken line with line segments in relevant bands specified by local unevenness indices and waviness values. This approach was verified with real data obtained on roads in situ.

Kropáč, O. – Šprinc, J. – Šprinc, M.: Bandcharakteristiken von Unebenheiten der Strassen

Neben den allgemein gebrauchten Indikatoren von Längsprofilen der Strassen, nämlich IRI und der Spektraldichte (SD), die mit dem Unebenheitsindex C und der Welligkeit w definiert ist, ist in letzter Zeit in einigen Ländern eine Dreiergruppe von Indikatoren (meistens Varianzen) für drei aneinander anschließende Wellenlängenbereiche, nämlich kurzer, mittlerer und langer Wellen, populär geworden. Es wird die Bedeutung ihrer Unterscheidung diskutiert. Es werden Verfahren zur Segmentierung des ursprünglichen Bandes wirksamer Wellenlängen der Unebenheiten und ihre Abhängigkeit von der projektierten zugelassenen Geschwindigkeit der Strasse angedeutet. Wenn die Varianz für diese Bereiche gegeben ist, kann die SD in einem logarithmischen Diagramm annähernd durch eine gebrochene Kurve dargestellt werden, die sich aus Geraden in den Wellenteilbereichen zusammensetzt, die durch ihre lokalen Unebenheitsindizes und Welligkeiten bestimmt sind. Dieses Verfahren wurde in der Praxis überprüft.

Ochrana historických objektů ČSVTS před povodněmi



Při povodni v roce 2002 došlo k zatopení historických objektů Českého svazu vědeckotechnických společností vymezených ulicí Novotného lávka, Smetanovým nábřežím a Křížovnickým náměstím v městské části Praha 1. Zatopení způsobilo značné materiální škody na objektech a zařízeních, a proto ČSVTS vypsal počátkem letošního června soutěž k hledání způsobů ochrany těchto historických objektů. Návrh komplexního řešení, které by minimalizovalo škody, musí být v souladu s protipovodňovými opatřeními hl. m. Prahy, aktualizovanými po povodni 2002. Dostupné podklady týkající se objektů a zařízení ČSVTS na požádání poskytne vyhlašovatel soutěže bezplatně. K hlavním kritériím hodnocení patří nejen originalnost, proveditelnost, spolehlivost a bezpečnost řešení, ale i finanční náročnost realizace. Do soutěže budou zařazeny přihlášky, které splňují podmínky uvedené na internetových stránkách ČSVTS, doručené do sekretariátu soutěže do 31.10.2004. Výsledky budou vyhlášeny 31.12.2004 a ceny slavnostně předány na jarní Valné hromadě v roce 2005. Budou uděleny tři ceny v celkové částce 100 tis. Kč. Vítězné návrhy budou prezentovány v odborném tisku, na konferencích a při dalších aktivitách vyhlašovatele.



Informace:

Český svaz vědeckotechnických společností,
Novotného lávka 5,
116 68 Praha 1,

tel.: 221 082 295,
fax.: 222 221 780,
e-mail: avt@csvts.cz,

www.csvts.cz

• dizertace



Problematika použití tepelně reflexních keramických nátěrových hmot pro tepelnou izolaci budov

Ing. Pavel Šimon

Dizertace se zabývá vlivem tepelně reflexních keramických nátěrových hmot na tepelnou zátěž obalových konstrukcí, teploty jejich povrchů a vnitřního vzduchu a v důsledku i na energetickou náročnost takto ošetřených budov. V práci jsou teoretickým výpočtem i měřeními vyhodnoceny některé druhy hmot. Jsou formulovány možnosti využití v praxi.

Aplikace indikátorů udržitelnosti v procesu hodnocení vlivu územních plánů velkých územních celků na životní prostředí

Ing. Daniel Bubák

Práce vychází z teoretického rozboru problematiky udržitelného rozvoje. Je vyhodnocena možnost posuzování udržitelnosti a prezentovány scénáře udržitelnosti. Je vypracován návrh procesu tvorby a hodnocení územních plánů velkých územních celků. Je předloženo šest variant plánů a sedmnáct indikátorů udržitelnosti. Hodnocení variant je provedeno pomocí fuzzy logiky a verbálních výroků.

Business Plan, analýza specifik a jeho aplikace ve stavebních firmách

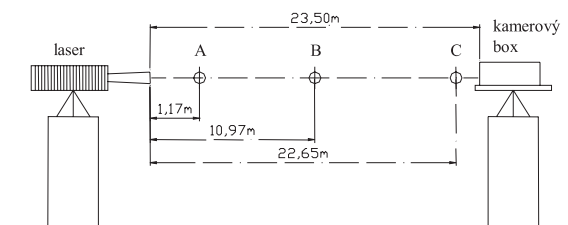
Ing. Zita Prostějovská

Dizertace je zaměřena na rozbor nutných předpokladů aplikace podnikatelských plánů pro dlouhodobý rozvoj podnikatelských subjektů. Vědecký přínos je v zaměření na strategické řízení. Práce se také zabývá vývojem soudobých metod vytváření podnikatelských perspektiv v podmínkách EU.

Sledování časových změn přetvoření stavební konstrukce digitální kamerou

doc. Ing. Jiří POSPÍŠIL, CSc.
Ing. Martin ŠTRONER, PhD.
ČVUT – Fakulta stavební
Praha

V článku je popsáno přístrojové vybavení a uspořádání experimentu pro sledování velikosti časových změn přetvoření stavební konstrukce jednoduchou neměřickou digitální kamerou. Přetvoření konstrukce bylo způsobeno nehomogenní změnou teplotního pole prostředí.



Obr. 1. Schéma experimentálního měření

Úvod

Pro přesnější geodetická měření je důležitá stabilita stanovisek. Při výuce se využívají pilíře na střešní nástavbě Fakulty stavební ČVUT v Praze–Dejvicích. V rámci výzkumného záměru „Funkční způsobilost a optimalizace stavebních konstrukcí“ byla pro sledování časového přetvoření stavební konstrukce využita kalibrovaná aparatura pro detekci polohy laserové stopy [1], [2], [3].

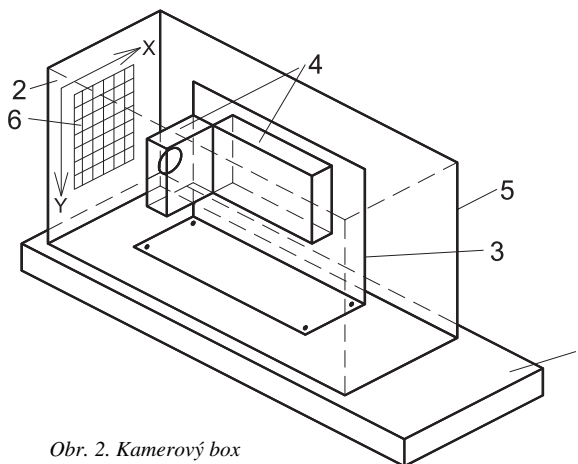
Průběh experimentu

Postup byl navržen tak, aby ze změn polohy laserové stopy bylo možné určit přetvoření konstrukce. Vzhledem k charakteru měření bylo nutné potlačit vliv refrakce na trajektorii laserového svazku paprsků. Proto bylo nutné současně měřit tlak, suchou teplotu a vlhkou teplotu a teplotu vzduchu na deseti čidlech rozmístěných ve třech profilech. Digitálním přístrojem firmy Ahlborn Meß-und Regelungstechnik Therm 3280-8M se sledovala teplota na jednotlivých čidlech (v našem případě šlo o termistorová čidla NTC). Přesnost měřicí aparatury je podle výrobce 0,03 % z naměřené hodnoty. Ve spojení s čidly, jejichž přesnost je udávána 0,01 °C, je teoretická přesnost v měření teplot dostatečná. Přístroj lze napájet ze sítě nebo ze stejnosměrného zdroje napětí 12 až 24 V. K určování vlhké a suché teploty sloužil přístroj THERM 2246. Z těchto hodnot byla pro další výpočty určována vlhkost. Jde v podstatě o digitální psychrometr s rozsahem -5 °C až +100 °C a přesností podle výrobce 0,1 °C při teplotě do 45 °C. Přístroj lze napájet přes adaptér ze sítě, popř. z vestavěné baterie 3 x 1,5 V. Atmosférický tlak vzduchu měřil přístroj Aneroid Metra v torrech. Obě části experimentu byly synchronizovány, aby atmosférické veličiny byly zachyceny v okamžiku sejmutí obrazové informace.

Vzhledem k tomu, že měření atmosférických veličin (teploty na čidlech) trvalo déle než sejmutí obrazu, snímala se obrazová informace na počátku měření teploty a na jeho konci. Pro získané údaje byly tedy pořízeny dva obrazy polohy stopy na stínítku s odstupem řádově 1 s.

Jako zdroj laserového záření byl použit horizontovaný helium-neonový laser Tesla TKG 205 se speciálním podstavcem postaveným na betonovém pilíři. Ve vzdálenosti 23,5 m byl na další pilíř umístěn horizontovaný kamerový box (obr. 1).

Jednoduchá digitální kamera Video Blaster Web Cam Go používá pro snímání obrazové informace senzor Colour VGA CMOS (Complementary Metal Oxid Semiconductor) s rozlišením 640 x 480 bodů, jenž umožňuje snímat jednotlivé obrázky nebo pořizovat videosekvence. Kamerový box (obr. 2) sestává z plexisklové podkladové desky 1

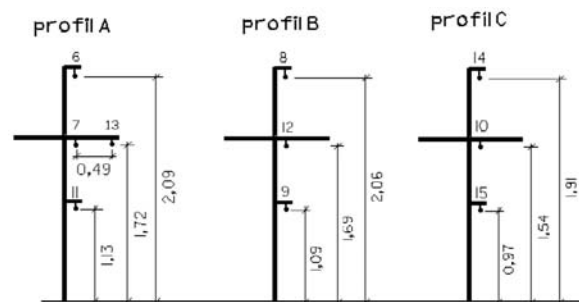


Obr. 2. Kamerový box

tloušťky 50 mm a stínítka 2, které tvoří dvě skleněné desky s vloženou papírovou maticí. Nosník 3 drží kameru 4 ve sklopené poloze, umožňující dokonalejší svislé snímání obrazu (větší pohyb laserové stopy se předpokládá právě ve svislém směru). Kromě stínítka je celý box oplášťován plechem 5, který brání přístupu denního světla na senzor kamery. Díky tomu je intenzita snímaného obrazu s výjimkou laserové stopy blízka nule, což usnadňuje pozdější vyhodnocení snímků. Z vnitřní strany je mezi skleněné desky stínítka vložena čtvercová síť 6 umožňující kalibraci. Celý box se dá upevnit na pilířovou podložku, popř. stativ, horizontuje se pomocí příložné strojírenské libely čtyřmi stavěcími šrouby.

Oba přístroje byly kryty geodetickými slunečníky před přímým osluněním. Mezi laserem a kamerovým boxem byly umístěny teplotní profily A, B, C. Profil A, v blízkosti laseru, byl osazen čtyřmi teplotními čidly. Čidla 11, 7, 6 byla rozmístěna ve vertikálním směru, čidlo 13 bylo umístěno v horizontální rovině s čidlem 7. Profil B, přibližně uprostřed záměry, byl osazen čidly 9, 12, 8 ve vertikálním směru. Profil C, na konci záměry v blízkosti kamerového boxu, obsahoval čidla 15, 10, 14 ve vertikálním

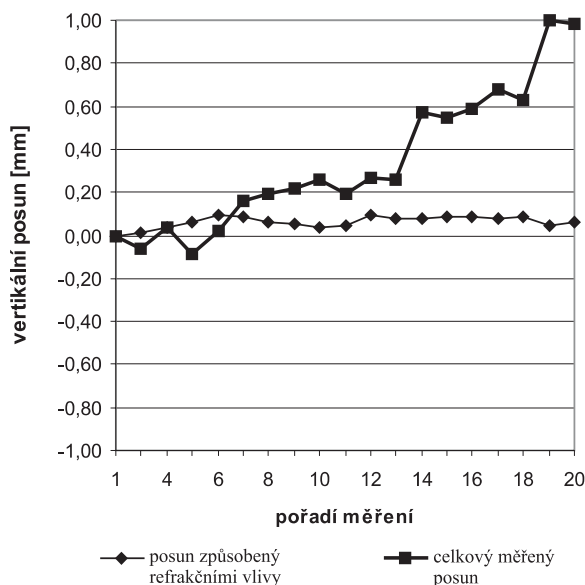
směru. Výškový poměr čidel v profilech je znázorněn na obr. 3. Laserová příčka tvořila vodorovnou záměru. V profilu A procházela ve vertikálním směru mezi čidly 11 a 7, přičemž vzdálenost od čidla 7 činila 100 mm. V horizontálním směru pak procházela mezi čidly 7 a 13, přičemž vzdálenost od čidla 7 byla 30 mm. V profilu B procházela mezi čidly 9 a 12 se vzájemnou vzdáleností 80 mm. V profilu C pak procházela mezi čidly 15 a 10, od něhož byla vzdálena 100 mm. Měření po temperování přístrojů probíhalo v patnáctiminutových intervalech od 10:30 do 15:15 hodin. Na začátku měření bylo zatažené počasí, kolem 12. hodiny vyšlo na přibližně 10 minut slunce, ve 13 hodin došlo k malé dešťové přeháňce a ve 13:45 hodin opět vyšlo zhruba na 10 minut slunce. Při proměnlivém počasí se průměrná teplota zvýšila z 12,04 °C na 14,85 °C. Změna tlaku činila přibližně 0,4 torru.



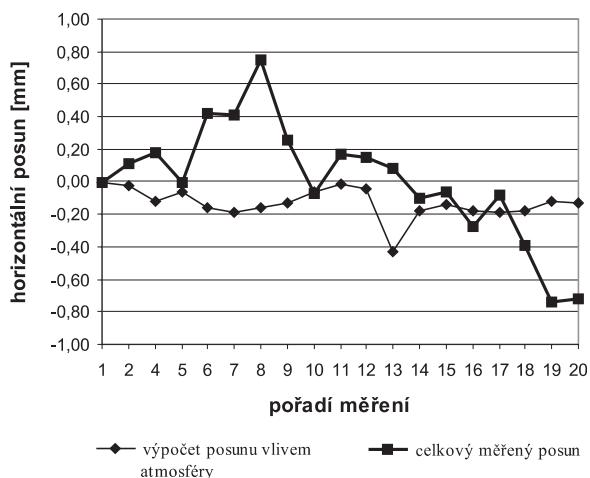
Obr. 3. Uspořádání teplotních profilů

Výsledky měření

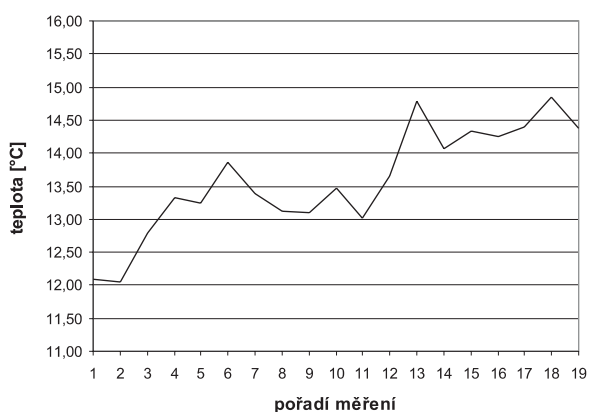
Posun stopy laserového svazku na stínítku kamerového boxu způsobený refrakčními vlivy, popř. přetvořením stavební konstrukce, byl zjištěn z atmosférických veličin a výpočetního modelu uvedeného v [4]. Poloha laserové stopy na stínítku byla určena postupem uvedeným např. v [3]. Posun ve vertikálním směru zachycuje obr. 4, v horizontálním směru obr. 5, průměrnou teplotu obr. 6. Posun způsobený refrakčními vlivy koresponduje s příznivými atmosférickými podmínkami měření, zjištěné hodnoty se pohybují v rámci směrodatné odchylky 0,20 mm v určení polohy laserové stopy kamerovým boxem [3].



Obr. 4. Posun ve vertikálním směru



Obr. 5. Posun v horizontálním směru



Obr. 6. Průměrná teplota během měření

Závěr

Z grafů je zřejmý podobný vývoj přetvoření a průměrné teploty. Lze říci, že použitý postup i uspořádání experimentu umožnilo sledovat velikost a časové změny přetvoření stavební konstrukce. Na základě zjištěného přetvoření a výpočtů vlivu refrakce lze usuzovat, že osluněním konstrukce dochází k nestabilitě stanoviska, která je však vzhledem k velikosti a využití pilířů pro účely výuky zanedbatelná. Při větší změně teploty, než byla v průběhu experimentu, lze očekávat větší nestabilitu, kterou by již nebylo dobré zanedbat.

Článek byl vypracován za podpory výzkumného záměru MSM 21 000 0001 „Funkční způsobilost a optimalizace stavebních konstrukcí“ – dílčí část „Výzkum a aplikace geodetických metod pro zabezpečování jakosti a spolehlivosti stavebních konstrukcí“.

Literatura

- [1] Štroner, M. – Pospíšil, J.: Neměřická digitální kamera při měření přetvoření. *Stavební obzor*, 10, 2001, č. 3, s. 84–88.
- [2] Štroner, M. – Pospíšil, J.: Aparatura pro detekci polohy laserového svazku. *Stavební obzor*, 11, 2002, č. 3, s. 93–96.
- [3] Štroner, M. – Pospíšil, J.: Ověřování přesnosti statického měření aparatury pro určení polohy laserové stopy založené na jednoduché webové kameře. *Stavební obzor*, 12, 2003, s. 31–32.
- [4] Švec, M. – Vítala, A.: Vliv nehomogenního prostředí na trajektorii laserového paprsku. In: *Využití laserové techniky v inženýrské geodézii*, 1985, s. 204–213.

Pospíšil, J. – Štroner, M.: Monitoring of Time Changes in the Deformation of a Building Structure Using the Digital Camera

This paper describes the test equipment and arrangement for monitoring of time changes in the deformation of a building structure, using a simple non-measuring digital camera. The deformation of the structure was caused by a non-homogeneous change of the temperature field of the environment.

Pospíšil, J. – Štroner, M.: Beobachtung der zeitlichen Veränderungen der Verformung einer Baukonstruktion mit einer Digitalkamera

Im Artikel wird die Instrumentierung und Versuchsanordnung für die Beobachtung der Größe der zeitlichen Veränderungen der Verformung einer Baukonstruktion mit einer einfachen nichtmessenden Digitalkamera beschrieben. Die Verformung der Konstruktion wurde durch die inhomogene Änderung des Temperaturfelds der Umgebung bewirkt.

• dizertace



Projektové řízení rizik veřejných zakázek

Ing. Petr Chmel

Rozbor rizik v oblasti veřejných zakázek je proveden metodou fuzzy množin. Dizertace hodnotí stávající situaci technických prostředků podpory zhodnocování rizikových situací typických pro veřejné zakázky. Dizertant vypracoval software, který propojil s existujícím programem MS Project, a prokázal, že propojení je funkční.

Časově závislé jevy v betonu a v jiných poréznych materiálech

Ing. Tomáš Krejčí

Analýza časově závislých jevů vychází z řešení sdružené úlohy vedení vlhkosti a tepla s respektováním účinků dotvarování a smršťování betonu. Do metody konečných prvků byl zaveden model vycházející ze zobecněné Biotovy rovnice. Práce byla ověřena na reálných konstrukcích.

Dynamická studie železobetonového trámu poškozeného trhlinami

Ing. Tomáš Plachý

Dizertace je zaměřena na detekci poškození stavebních konstrukcí postavených ze železobetonu. Sledují se změny modálních charakteristik tří železobetonových trámů v závislosti na míře jejich poškození. Byly vyhodnoceny změny křivosti u tvarů vlastních kmitání a změny v matici modální poddajnosti. Citlivost modelů byla ověřena teoreticky i experimentálně.

Některé aspekty dlouhodobých průhybů předpjatých monolitických betonových konstrukcí

Ing. Michal Števula

Práce hodnotí vlivy podílející se na přírůstcích průhybů betonových mostů. Jde o změny polohy těžiště v počátečních stádiích existence mostů a vliv smykových ochabnutí a smykových deformací. Vlivy se zkoumají na příkladu postaveného mostu přes Labe v Mělníku a projektování mostu přes Ohří u Doksan.

DOPROVODNÝ PROGRAM

14. mezinárodní stavební veletrh ForArch

23. – 27. září 2003

FOR ARCH

Pražský veletržní areál Letňany

2003

www.forarch.cz

FÓRUM KRAJŮ, MĚST A OBCÍ

Proměny krajů – regenerace prostoru, prezentace celostátního cyklu publikací o proměnách jednotlivých krajů ČR

CITY marketing, revitalizace měst a sídel a vícezdrojové financování projektů s přihlédnutím k možnostem čerpání fondů Evropské unie.

Investiční příležitosti, průmyslové zóny, prezentace krajů České republiky

Regenerace vesnické architektury, prezentace nejzajímavějších rekonstrukcí historických objektů

Stavebnictví a finance v komunální sféře, seminář

Architektonické proměny centra Prahy na přelomu tisíciletí, konference

Bezpečnost a ochrana zdraví z pohledu norem Evropské unie, seminář

České stavební normy při vstupu ČR do Evropské unie, konference

Technické řemeslo v Evropské unii, seminář

Energetika a stavebnictví, konference

City of tomorrow, konference

Uvádění směrnice EU o energetické náročnosti budov do praxe, seminář

SALON INOVACÍ A INVESTIC

prezentace inovačních technologií a propojení výzkumu s praxí

VÝSTAVY

Oceněná města ... aneb, jak uchopit genia loci v historickém prostředí, prezentace nejzajímavějších realizací rekonstrukcí historických objektů

SOUTĚŽE

GRAND PRIX FOR ARCH 2003 a TOP ARCH 2003 STAVBA ROKU 2003

ENERGETICKÝ PROJEKT 2002

Studentský projekt roku 2002

STAVEBNÍ OBZOR

ROČNÍK 12 ČÍSLO 8/2003

Navigace v dokumentu

OBSAH

Záleský, J. – Chamra, S. – Pruška, J. – Dobeš, Č. – Mráz, J. – Sasínková, A. Projekt instrumentace pro měření prostorových deformací vybraných objektů Pražského hradu	225
Lamboj, L. – Záleský, J. – Pruška, J. Výzkum a ověření metod monitorování svahových posunů	229
Procházka, J. – Vobořilová, P. Měření posunů a přetvoření historických staveb geodetickými metodami	232
Vobořilová, P. – Jiříkovský, T. – Pospíšil, J. Určení geometrických parametrů vybrané části katedrály sv. Víta v Praze	239
Maršák, J. – Buryan, P. Využití jílovců cyprisového souvrství ve stavebnictví	242
Jarušková, D. – Kuklíková, A. Metody odhadování kvantilů	246
Chmel, P. Analýza rizik při řízení výstavbových projektů – RiskControl	250

8 • 2003

ročník 12

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

- Záleský, J. – Chamra, S. –
Pruška, J. – Dobeš, Č. –
Mráz, J. – Sasínková, A.
- Projekt instrumentace
pro měření prostorových
deformací vybraných
objektů Pražského
hradu 225**
- Lamboj, L. – Záleský, J. – Pruška, J.
- Výzkum a
ověření metod
monitorování
svahových
posunů 229**
- Procházka, J. – Vobořilová, P.
- Měření posunů
a přetvoření
historických
staveb geodetickými
metodami 232**
- Vobořilová, P. – Jiříkovský, T. –
Pospíšil, J.
- Určení geometrických
parametrů vybrané
části katedrály
sv. Víta v Praze 239**
- Maršák, J. – Buryan, P.
- Využití jílovců
cyprisového souvrství
ve stavebnictví 242**
- Jarušková, D. – Kuklíková, A.
- Metody odhadování
kvantilů 246**
- Chmel, P.
- Analýza rizik při řízení
výstavbových projektů –
RiskControl 250**

CONTENTS

- Záleský, J. – Chamra, S. –
Pruška, J. – Dobeš, Č. –
Mráz, J. – Sasínková, A.
- Project of Instrumentation
for Measurement of 3-D
Displacements on Selected
Buildings of the Prague
Castle 225**
- Lamboj, L. – Záleský, J. – Pruška, J.
- Investigation and
Verification
of Methods
of Slope Stability
Monitoring 229**
- Procházka, J. – Vobořilová, P.
- Displacements and
Deformations Measurement
of Historical Buildings
with Geodetical
Methods 232**
- Vobořilová, P. – Jiříkovský, T. –
Pospíšil, J.
- Determination of Geometrical
Parameters of a Selected
Part of St. Vitus Cathedral
in Prague 239**
- Maršák, J. – Buryan, P.
- The Use of Claystones
of Cypris Strata in the
Construction Industry 242**
- Jarušková, D. – Kuklíková, A.
- Methods for Quantiles
Estimation 246**
- Chmel, P.
- Risk Analysis in Construction
Projects Management –
RiskControl 250**

INHALT

- Záleský, J. – Chamra, S. –
Pruška, J. – Dobeš, Č. –
Mráz, J. – Sasínková, A.
- Instrumentierungsprojekt
für die Messung räumlicher
Verformungen ausgewählter
Objekte der Prager
Burg 225**
- Lamboj, L. – Záleský, J. – Pruška, J.
- Untersuchung und Prüfung
von Verfahren zur
Beobachtung von
Hang-/ Böschungs-Verschie-
bungen 229**
- Procházka, J. – Vobořilová, P.
- Messung der Verschiebungen
und Verformungen
historischer Gebäude
mit geodätischen
Methoden 232**
- Vobořilová, P. – Jiříkovský, T. –
Pospíšil, J.
- Bestimmung der
geometrischen Parameter
eines ausgewählten Teils des
St.-Veits-Doms in Prag 239**
- Maršák, J. – Buryan, P.
- Nutzung von Tongesteinen
der Cypris-Schichtengruppe
im Bauwesen 242**
- Jarušková, D. – Kuklíková, A.
- Verfahren zur Schätzung
von Quantilen 246**
- Chmel, P.
- Risikoanalyse
bei der Leitung
von Bauprojekten 250**

REDAKČNÍ RADA

Předseda:

prof. Ing. Jiří STUDNIČKA, DrSc.

Místopředseda:

doc. Ing. Alois MATERNA, CSc.

Tajemníci:

doc. Ing. Milan KAŠPAR, CSc.

doc. Ing. Jindřich ŠMEJČKÝ, CSc.

Členové:

Ing. Miroslav BAJER, CSc.

doc. Ing. Pavel HÁNEK, CSc.

Ing. Jiří HIRŠ, CSc.

Ing. Ivan HRDINA

doc. Ing. Vladimír JELÍNEK, CSc.

Ing. Miroslav JEŽEK, CSc.

doc. Ing. Miroslav KAUN, 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.

prof. Ing. Adolf PATERA, DrSc.

doc. Ing. Miloslav PAVLÍK, CSc.

prof. Ing. J. PROCHÁZKA, CSc.

doc. Ing. Vlastimil STARÁ, CSc.

Ing. Karel SVOBODA

doc. Ing. Jiří VÁŠKA, 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 zaplace-
ného předplatného. Inzerce adresujte redakci. Tech-
nická 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
tisku 3. 9. 2003. Nevyžádané rukopisy se nevracejí.

INDEX 47 755, ISSN 1210-4027

Projekt instrumentace pro měření prostorových deformací vybraných objektů Pražského hradu

Ing. Jan ZÁLESKÝ, CSc.
Ing. Svatoslav CHAMRA, CSc.
doc. Dr. Ing. Jan PRUŠKA
ČVUT – Fakulta stavební

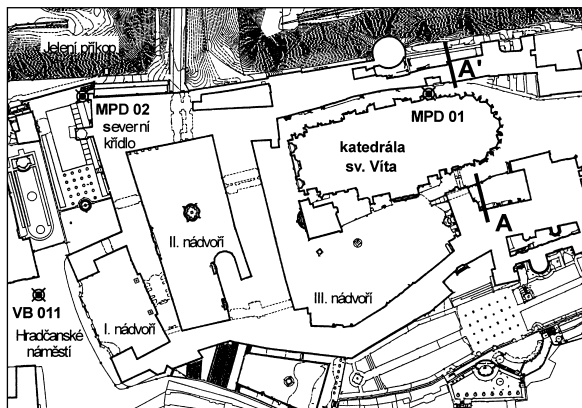
Ing. Čestmír DOBEŠ
Křístek, Trčka a spol., s.r.o.

Ing. Jiří MRÁZ
Ing. Alena SASÍNKOVÁ
Správa Pražského hradu

V článku je popsán způsob sledování deformací vybraných částí konstrukce katedrály sv. Víta a podloží. Jde o kombinaci a způsob propojení geodetických a geotechnických metod s cílem zajistit vysokou přesnost měření a dlouhodobou využitelnost, které jsou základem sledování historických staveb. Po přehledu situování měření se hlavní důraz klade zejména na využití geotechnických metod.

Úvod

Měření prováděná na katedrále sv. Víta a na západní straně severního křídla Pražského hradu jsou zaměřena na dlouhodobé sledování vývoje deformací na stávajících trhlinách. U obou objektů se zjišťují deformace na trhlinách a v případě katedrály se geodeticky sledují čtyři vystrojené profily uvnitř chrámové lodě. Měření jsou relativní, to znamená, že nemohou za současné instrumentace vystihovat přetváření vztažená k systému vztažných bodů, a poskytovat tak ucelený obraz o chování objektů a jejich podloží.



Obr. 1. Zájmová část území Pražského hradu

MPD 01, MPD 02 – poloha vrtů pro sledování prostorových deformací podloží a vybraných základů objektů, VB 011 – vztažný bod zřízený jako součást navrženého systému 12 vztažných bodů pro geodetická měření

Na pozorovaných bodech, osazených uvnitř katedrály, se provádějí geodetická měření s možností zvýšení přesnosti mechanickým měřením změn vzdáleností distometrem, nevyžadující úpravy bodů [1]. Pro objektivní sledování deformace podloží byl v projektu navržen vrt vystrojený pro sledování prostorových změn základu pilíře katedrály a podloží ve Vikářské ulici.

Západní strana severního křídla Pražského hradu byla v devadesátých letech sanována sepnutím konstrukce táhly v úrovni stropů. S ohledem na dlouhodobý vývoj poruch před sanací a vzhledem k současnému stavu trhlin bylo třeba doplnit měření prostorových deformací a měření geodetická, aby bylo možné objektivně ověřit jejich výsledek a sledovat, zda svahové pohyby nebo založení pilíře nejsou zdrojem dalších deformací. Podle návrhu projektu byl realizován vrt se speciální výstrojí pro měření jak svislých deformací pro vystižení sedání základů pilíře, tak deformací vodorovných (ve svislých intervalech po 1 m) pro zjištění případných svahových pohybů.

Geologické a hydrogeologické poměry

Geologické poměry území Pražského hradu (obr. 1) nejsou složité, ale antropogenní činností spojenou se stavebními úpravami hradčanského návrší se během posledních staletí zkomplikovaly. Skalní podloží areálu tvoří ordovické horniny spodního paleozoika – stupně beroun [2]. Jde o mohutný, silně provrásněný a tektonicky porušený komplex letenského souvrství, ve kterém se střídají polohy prachovitých a drobových břidlic s vrstvami pískovců a křemenců. Jsou to pevné, deskovitě vrstevnaté stejnorodé horniny s nápadně nerovnými až hrboлатыmi vrstevními plochami. Hlavní směr jejich sklonu je v prostoru lokality průměrně 50° k jihu až jihovýchodu [3], [4]. Celé souvrství vytváří morfologicky nápadný, ostře ohraničený ostroh ve směru východ – západ. Od středověku byl ostroh intenzivně přetvářen lidskou činností se stálým rozšiřováním hradních objektů, přičemž jeho vrcholové partie byly zarovnávané a odtěženou horninou byla rozšiřována plošina hradčanského návrší. Skalní podklad vystupuje k povrchu (nebo do hloubky 2 m) pouze v prostoru I. a II. hradního nádvoří [5].

Pokryvné útvary jsou tvořeny převážně materiálem z navážek získaných při civilizačních úpravách návrší, které

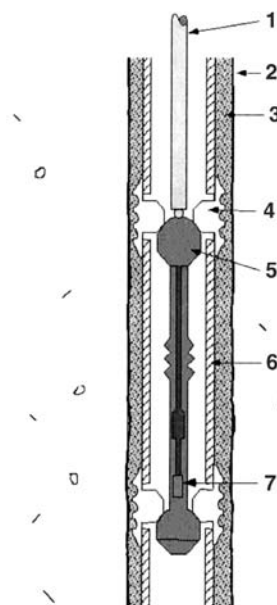
ve sledovaném území dosahují mocnosti 5 až 10 m. Tyto navážky leží zčásti na svrchních zvětralých partiích letenských břidlic. Jde o hlíny a písčité hlíny s úlomky a sutí břidlic, místy i pískovců. Jejich mocnost se pohybuje řádově v prvních metrech.

Návaznost geotechnických a geodetických metod

V roce 2001 byl proveden vrt procházející základovou konstrukcí katedrály sv. Víta a byla zahájena periodická měření přetvoření podloží [6]. Za přispění Výzkumného záměru MSM 210000001 a spolupráce s Katedrou speciální geodézie ČVUT byl zpracováván návrh a nový způsob provedení vztažných bodů s užitím vysoce přesného měřicího systému prostorových deformací podloží. Měření jak na katedrále sv. Víta, tak na západní straně severního křídla Pražského hradu byla prováděna s cílem dlouhodobého sledování vývoje deformací na stávajících trhlinách. U obou objektů se měří deformace na trhlinách a v případě katedrály se geodeticky sledují čtyři vystrojené profily uvnitř chrámové loďe. Měření jsou relativní, a nemohou tedy za současné instrumentace vystihovat přetváření vztažená k systému vztažných bodů, a poskytovat tak ucelený obraz o chování objektů a jejich podloží. Proto byl v roce 2002 zřízen jeden z nového typu vztažných bodů (VB 011 – obr. 1) v blízkosti areálu Pražského hradu na Hradčanském náměstí. Na tento bod spolu s vrty MPD01 a MPD02 byla geodetická měření připojena.

Měřicí zařízení

Základem vybavení je sonda klouzavého mikrometru, zavěšená na pancéřovaném kabelu, která slouží k měření osových deformací teleskopických pažnic. Má měřicí rozsah ± 10 mm, délku základny 1 000 mm, citlivost na změnu činí 0,001 mm/m, přesnost 0,003 mm/m. Je vybavena vestavěným snímačem teploty, vodotěsná do 15 barů a ovládá se pomocí vodicích tyčí, v pažnici je vedena řetězem.

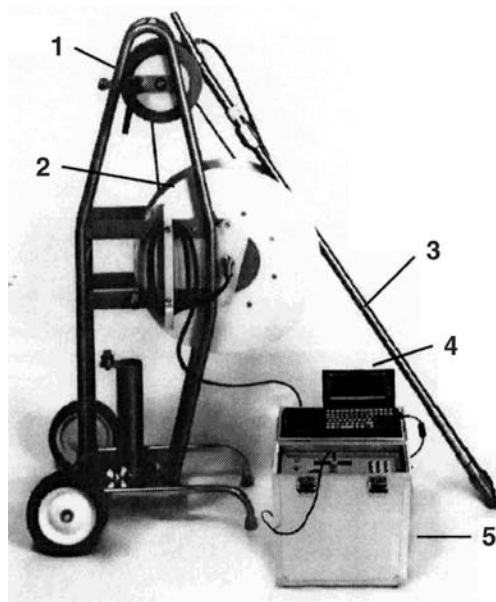


Obr. 2. Schéma sondy v měřicí pažnici a prostředí
1 – vodicí tyče, 2 – stěna vrtu,
3 – jílocementová zálivka,
4 – měřicí značka (kuželová),
5 – hlava (kulový tvar),
6 – pažnice,
7 – indukční snímač (LVDT)

Prostředí, tj. základová půda, je injektováním zálivky spojena s měřicí pažnicí. Díky tvaru pažnice a teleskopicky nasazeným spojkám je deformace prostředí, rovnoběžná s osou pažnice, přenášena na spojky, které mají uvnitř

měřicí značky ve tvaru kužele. Vysoké přesnosti měření a reprodukovatelnosti polohy sondy je dosaženo díky kombinaci dosedacích ploch – kužele v měřicí značce a koule na hlavících sondy – a kvalitnímu dílenskému opracování styčných ploch. Pro omezení vlivu teploty při kalibraci a měření je podmínkou použití sondy s jádrem z invarové oceli a kalibračního zařízení rovněž s invarovou ocelí. Kalibrace se provádí vždy před zahájením sady měření a po něm.

Využití upravené inklinometrické sondy, u které se zajišťuje poloha ve vystrojeném vrtu podle značek klouzavého mikrometru, umožňuje zvýšení přesnosti měření vzhledem k velmi dobré reprodukovatelnosti polohy a díky kvalitě provedení kombinované pažnice s obvyklým systémem čtveřice vodicích drážek. K měření se využívá stejné zařízení jako na obr. 3. Inklinometrická sonda má základnu 1 m.



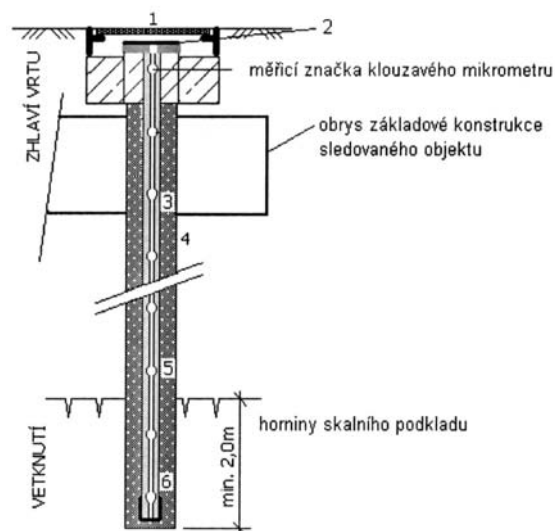
Obr. 3. Sestava klouzavého mikrometru pro měření (bez vodicích tyčí a vodicího řetězu)
1 – vrátek, 2 – kabel, 3 – sonda klouzavého mikrometru,
4 – palmtop, 5 – měřicí ústředna SDC

Instrumentace

Schematický řez vrtem vystrojeným pro měření prostorových deformací je na obr. 4. U vrtů MPD 01 a MPD 02 je výstroj vedena přes zdivo sledovaných objektů v místě rozšíření základů pod povrchem terénu (dlažby). Výstroj je vždy vetknuta do hornin skalního podkladu, které je možno považovat za stabilní, alespoň 3 m [7]. Zaměření zhlaví umožňuje ověřit správnost uvedeného předpokladu.

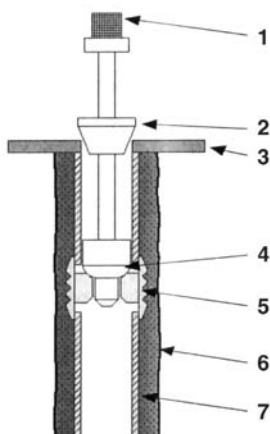
Vrt VB 011 je první ze systému vztažných bodů, které byly v areálu Pražského hradu zřízeny. Jeho konstrukce a vystrojení jsou obdobné jako na obr. 4, ale místo obrysu základového prvku konstrukce je patka provedena do takové hloubky, aby v ní mohly být zabetonovány dvě měřicí značky kombinované výstroje pod uzávěrem. Zhlaví vrtu je rovněž kryto uzávěrem, ale na povrchu patky bude osazena základna snímatelného pilíře pro nucenou centraci geodetických přístrojů. Proměření výstroje poskytne informace o poloze patky (základny) pilíře s vysokou přesností díky užití technice geotechnických měření prostorových deformací. Přesnost měření osových deformací výstroje vrtu, tzn. zprostředkovaných relativních přetvoření materiálu podél výstroje, je 0,003 mm/m, citlivost na změnu je 0,001 mm/m podle údajů výrobce a odpovídá výsledkům

našich ověřovacích měření v testovacím vrtu TV 01 v areálu fakulty.



Obr. 4. Schéma instrumentace pro měření prostorových deformací
1 – litinový poklop kruhový (průměr 360 mm), 2 – uzávěr výstroje vrtu, 3 – kombinovaná měřicí výstroj, 4 – vrt o průměru do 140 mm, 5 – jílocementová závlivka, 6 – spodní uzávěr výstroje

V případě měření příčných deformací pomocí inklinometrické sondy je udávána přesnost vyšší než 0,1 mm/m. Ve skutečnosti je oprávněný předpoklad přesnosti vyšší vzhledem k přesnosti reprodukovatelnosti polohy sondy ve vrtu vazbou na měřicí značky klouzavého mikrometru a její vyšší citlivosti. Možnost prokázání je předmětem kalibrací a úprav v rámci uvedeného projektu a výzkumného záměru. Výsledky testů potvrzují oprávněnost předpokladu o přesnosti 0,02 mm/m.



Obr. 5. Řez měřicí pažnicí s vloženým přípravkem pro určení vztážného bodu

1 – optická centrace geodetických přístrojů a napojení antény GPS, 2 – středící posuvný kužel, 3 – uzávěr pažnice, 4 – kulová plocha dosedající do kuželové značky, 5 – značka klouzavého mikrometru, 6 – jílocementová závlivka, 7 – kombinovaná pažnice

Zvýšení jejich přesnosti proti přesné inklinometrii je dosaženo vztážením polohy inklinometrické sondy s délkou rovněž 1 m k měřicím značkám výstroje klouzavého mikrometru. Uvedeným vystrojením a použitým způsobem měření je zajištěna vysoká přesnost sledování vývoje svislých i vodorovných deformací. Úprava výstroje, navázání na geodetická měření byla předmětem výzkumu v rámci grantového projektu a výzkumného záměru.

Přesnost napojení na geodetická měření

Napojení vysoce přesných geodetických měření je pomocí přípravku vyrobeného ve spolupráci se Strojní fakultou ČVUT (obr. 5). Podmínkou navázání geodetických měření na výsledky geotechnických měření je opakovaná realizace charakteristického bodu pažnice – zhlaví vystrojeného vrtu. Jeho určení umožní centraci geodetických přístrojů (teodolitu, univerzálního elektronického teodolitu) a pomůcek (odrazného hranolu, cílového znaku apod.) pro měření. Do středícího trnu je shora vyvrtána centrační značka pro dostředění při měření ze stativu. Přípravek (vločka pažnice) je navržen též jako bod pro přesnou nivelaci.

V blízkosti Fakulty stavební ČVUT byl v roce 2002 proveden vrt TV 01 k ověření reprodukovatelnosti měření, přesnosti navrženého provedení instrumentace vztážných bodů pro geodetická měření a zkoušení úprav pro zajištění co nejvyšší přesnosti prováděných měření.

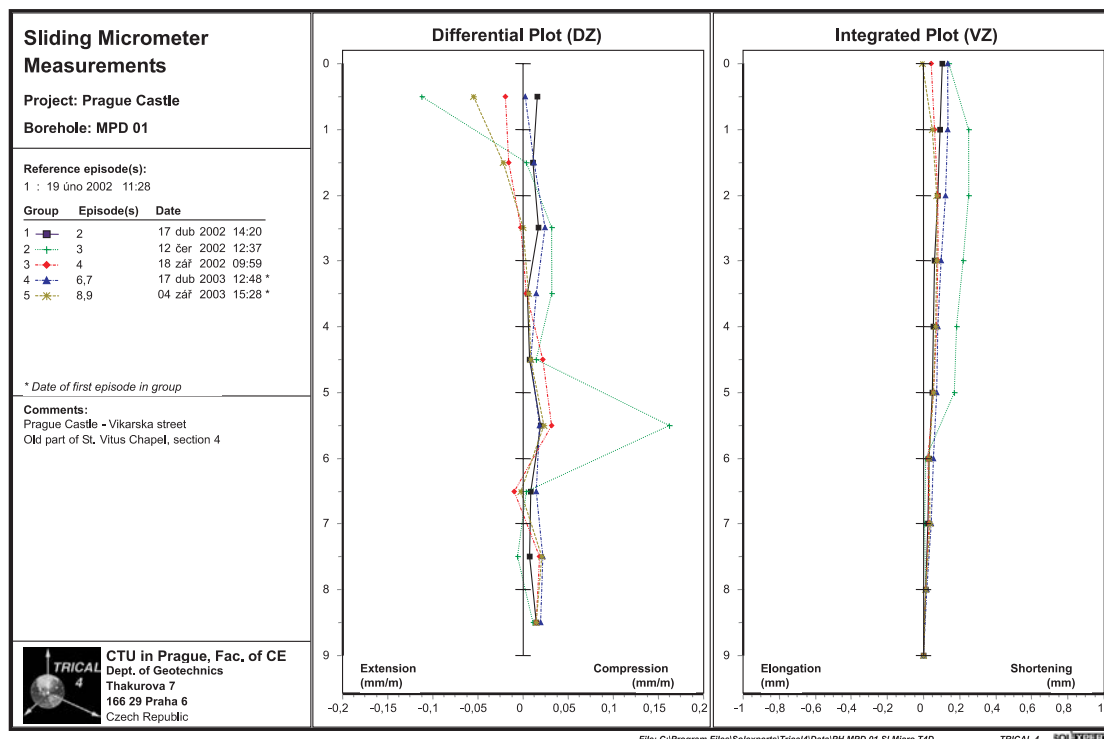
Geotechnická měření

Měření a použití klouzavého mikrometru (výrobce Solexperts AG) je popsáno např. v [8]. Citlivost modifikovaného inklinometru na změnu činí 0,002 mm/m. Zápis dat a použitý software umožňuje okamžitou kontrolu přesnosti měření. Příklad části výsledků měření ve vrtu MPD 01 je uveden v obr. 6. Jde o zobrazení osových deformací ve výstroji vrtu provedeného přes základové zdvo katedrály sv. Víta do podložních břidlic. Základová spára je v hloubce cca 5 m pod povrchem terénu. Levá část grafu představuje poměrné deformace vztážené k měřicím základním délky 1,0 m, pravá pak deformace součtové za předpokladu tzv. pevné paty vrtu. Deformace v blízkosti povrchu lze přičíst převážně teplotním změnám. Pod základovou spárou se nachází zóna zvětralé břidlice o tloušťce cca 1,5 m, ve které jsou rovněž naměřeny určité deformace. V obou případech, pokud skutečně jde o cyklické chování, jak lze odečíst z časové závislosti, nemohou mít tato přetvoření negativní vliv na konstrukci.

Závěr

Na chování historických objektů působí řada vlivů, které je obtížné charakterizovat a stanovit jejich nebezpečnost pro vývoj technického stavu. Dlouhodobé sledování vývoje deformací celých objektů a významných trhlin umožňuje rozlišení cyklického přetváření a přetváření, které vykazuje rozvojové trendy. Základem popisu chování konstrukce je vystižení změn měřených hodnot v ročním cyklu a jejich upřesňování v následujících obdobích včetně odlišení rozvojových trendů. Tento požadavek klade vysoké nároky na přesnost a stabilitu měření. Proto je věnována zvýšená pozornost i zkouškám reprodukovatelnosti měření a ověřování dosažených hodnot a odpovídajícím způsobem sanovat.

V prvním případě, cyklickém (standardním) chování, jde zejména o důsledky změn teploty v průběhu ročních období, patřící k běžným projevům konstrukcí. Toto chování není zpravidla příliš nebezpečné, ale může vést k šíření poruch v důsledku únavy materiálu a k jeho rychlejšímu stárnutí. Druhý případ svědčí o rozvoji poruch vyvolaných vnějšími vlivy (např. velmi pomalými svahovými pohyby) nebo je projevem změn v konstrukci objektu, které mohou být nebezpečné a které je nutné analyzovat a odpovídajícím způsobem sanovat.



Obr. 6. Výsledky měření osové deformace základu a základové půdy ve vrtu MPD 01 ve Vikářské ulici

Článek vznikl za podpory projektu č. 103/01/1045 GA ČR „Systém sledování technického stavu historických budov a predikce jeho vývoje s aplikací na území Pražského hradu“ a výzkumného záměru MSM 210000001 k instrumentaci testovacího vrtu a budoucího měřicího polygonu u Fakulty stavební ČVUT.

Literatura

- [1] Dobeš, Č. – Procházka, J. – Záleský, J.: Katedrála svatého Víta. Projekt dlouhodobého sledování stability konstrukce. Praha, Křístek, Trčka a spol., 2000.
- [2] Inženýrskogeologická mapa v měřítku 1 : 5 000, list Praha 7-1. PÚDIS Praha, 1972.
- [3] Záruba, Q.: Geologický podklad a základové poměry vnitřní Prahy. Praha, Státní geologický ústav 1948.
- [4] Praha a inženýrská geologie. [Sborník], Seminář k 80. narozeninám akademika Záruby. Praha, ČSVTS 1979.
- [5] Král, J. – Kleček, M. – Polák, P. – Biener, V.: Pražský hrad. Posouzení inženýrskogeologických a hydrogeologických poměrů. Praha, K+K průzkum – sdružení specialistů 1995.
- [6] Záleský, J. – Dobeš, Č. – Mráz, J.: Projekt instrumentace pro měření prostorových deformací. Katedrála svatého Víta a Matheyho pilíř. Praha, ČVUT 2001.
- [7] Záleský, J. – Chamra, S. – Pospíšil, J. – Štroner, M. – Demel, J.: System of Long-Term Monitoring of Historical Buildings in the Prague Castle Area. Proc. 2nd Int. Conference on Soil Structure Interaction in Urban Civil Engineering, COST Action 7, Vol. 2, Zürich, 2002, pp. 497–500.
- [8] Záleský, J. – Procházka, J. – Pruška, J.: Geodetic and Geotechnical Long-Term Monitoring Applied for the Prague Castle Area. Geodesy for Geotechnical and Structural Engineering, Berlin, 2002.

Záleský, J. – Chamra, S. – Pruška, J. – Dobeš, Č. – Mráz, J. – Sasínková, A.: Project of Instrumentation for Measurement of 3-D Displacements on Selected Buildings of the Prague Castle

This article describes methods of monitoring of selected parts of the St. Vitus cathedral structure and subsoil. Combined surveying and geotechnical measurements are applied to achieve high precision in long-term monitoring. After describing the locations of the measurements, the ways of linking geodetical and geotechnical methods are highlighted.

Záleský, J. – Chamra, S. – Pruška, J. – Dobeš, Č. – Mráz, J. – Sasínková, A.: Instrumentierungsprojekt für die Messung räumlicher Verformungen ausgewählter Objekte der Prager Burg

Im Artikel wird ein Verfahren zur Beobachtung der Verformungen von Teilen der Konstruktion des St. Veits-Doms und des Untergrundes beschrieben. Es handelt sich um eine Kombination und ein Verfahren zur Verknüpfung geodätischer und geotechnischer Methoden mit dem Ziel, eine hohe Messgenauigkeit und langfristige Gebrauchstauglichkeit zu gewährleisten, welche Grundlage für die Beobachtung historischer Gebäude sind. Nach der zusammenfassenden Darstellung des Messverfahrens wird insbesondere die Anwendung geotechnischer Methoden betrachtet.

Výzkum a ověření metod monitorování svahových posunů

*doc. Ing. Ladislav LAMBOJ, CSc.
Ing. Jan ZÁLESKÝ, CSc.
doc. Dr. Ing. Jan PRUŠKA
ČVUT – Fakulta stavební
Praha*

Projekt je zaměřen na výzkum hranice použití různých geotechnických a geodetických metod při monitorování stability svahů, ověření jejich citlivosti, přesnosti a meze jejich použití ve vztahu k místním podmínkám a ohodnocení stability svahu a vývoje deformací masivu na vybraných lokalitách v severních Čechách. Na závěr řešení projektu bude také studován vztah monitorovaných dat a různých metod určení stability svahu.

Úvod

Monitorování svahových deformací se velmi často používá ke sledování pohybů nestabilních oblastí na základě kombinace řady metod. Vzájemné propojení je často problematické pro rozdílnou přesnost užitých metod a rozdíly v přístrojové technice (zvláště v případě rozsáhlých oblastí). Z těchto důvodů a vzhledem k ustanovením Eurocodu 7 řeší Katedra geotechniky FSv ČVUT v Praze projekt výzkumu různých metod sledování svahových pohybů, který je založen na předchozích zkušenostech a výběru dvou modelových lokalit v severních Čechách s probíhajícími svahovými pohyby, a to povrchového dolu Chabařovice a levé části údolí řeky Labe nad obcí Vaňov.



Obr. 1. Modelová lokalita Rabenov v bočním svahu povrchového dolu Chabařovice

Dále rozvíjí metodiku systematického přístupu k monitorování svahových pohybů a vyvíjí způsoby využití vybraných prvků s cílem snížit náklady a zvýšit hodnověrnost měření. Součástí je výzkum použitelnosti a vhodnosti aplikace dále uvedených metod sledování stability svahů, ověření jejich citlivosti, přesnosti a meze využití vzhledem k podmínkám lokality a ocenění vývoje deformace masivu. V další etapě řešení projektu bude studována návaznost zjištěných dat na možnosti užití ve výpočetních metodách (FEM, PLAXIS, FLAC/UDEC). V závěrečné fázi řešení budou vypracovány uživatelské návody a doporučení pro návrh systému sledování, instrumentaci a využití dálkového průzkumu i GPS.

Geotechnická instrumentace

Výzkum možností využití různých metod sledování svahových pohybů probíhá v uvedených modelových lokalitách. V oblasti bočního svahu povrchového dolu Chabařovice (který je rekultivován) probíhají svahové pohyby (obr. 1). V nestabilní různě ukloněné části byly zjištěny nestejně plochy, rozdílná rychlost pohybu a hloubka smykové plochy. Proto lze v této lokalitě použít široký rozsah monitorovacích metod:

- kombinaci klouzavého mikrometru a inklinometru s vysokou přesností v referenčních bodech a klouzavého deformometru (rozsah posunu 100 mm/m);
- geodetická měření přístrojem Leica TC 1800, přemístitelné měřicí body instalované využitím dynamické penetrace;
- standardní inklinometr s magnetickou měřicí značkou ve výstroji;
- měření pórových napětí;
- radarovou interferometrii (založenou na satelitním snímkování).

Propojení měření prostorových deformací podloží a měření geodetických

K propojení geodetických měření s vysokou přesností byl využit přípravek [2] vyráběný ve spolupráci se Strojní fakultou ČVUT v Praze [1] (obr. 2, obr. 3). Podmínkou navázání geodetických měření na výsledky geotechnických měření je opakování realizace charakteristického bodu pažnice, tj. zhlaví vystrojeného vrtu. Jeho určení umožní centraci geo-



Obr. 2. Středící trn



Obr. 3. Referenční bod s vloženým středícím trnem a stativ přístroje Leica TC 1800

detických přístrojů (teodolitu, univerzálního elektronického teodolitu) a pomůcek (odrazného hranolu, cílového znaku apod.) pro měření. Proto byla navržena souprava pro určení vztážného bodu pažnice v zhlaví vrtu. Do středícího trnu shora je vyvrtána centrační značka pro dostředění při měření ze stativu.

Vlastní měření – příklad z části lokality Rabenov

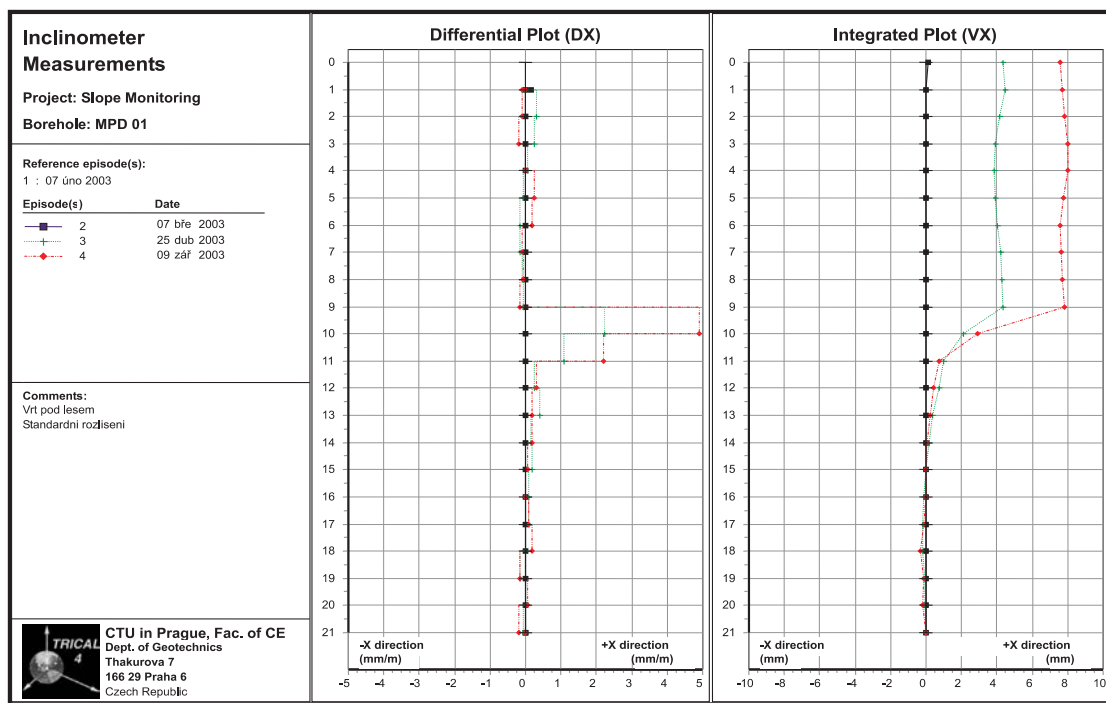
Na základě existujících záznamů, vlastních terénních zkoušek dynamickou penetrací, pozorování a po předcho-

zích rozbořech a stabilitních výpočtech na uvedené lokalitě byly stanoveny předpoklady vývoje svahových pohybů a polohy pravděpodobných smykových ploch. Jako příklad složitějšího chování, než by odpovídalo předpokladům, uvádíme příklad velmi mírného svahu (sklon 3 až 5° od vodorovné) s mělkými svahovými pohyby. Hloubka pravděpodobné smykové plochy byla uvažována v rozmezí 3 až 6 m pod povrchem terénu, systém svahových pohybů v uvedené zóně skutečně existuje a je aktivní. Hluboký instrumentovaný vrt umístěný v horní části svahu však ukazuje i na výrazně hlubší oblast smykových přetvoření v oblasti pevných až tvrdých podložních jíílů (obr. 4). Vrt byl zřízen pro ověření výše uvedených předpokladů výskytu smykových ploch a ukazuje na složitou kinematiku svahových pohybů sledované oblasti. Současné měření tzv. klouzavým deformetrem ukazují na kontraktantní chování materiálu v oblasti smykového přetváření.

Závěr

Řešení projektu umožní komplexní přístup k ověřování svahových pohybů díky možnostem rozšířeného monitorovacího systému a vhodnému doplnění stávajících měření. Speciální instrumentace vrtů (s životností v desítkách let) umožňuje dlouhodobé měření, což zaručuje objektivní hodnocení chování půdního podloží a odhad či vyloučení svahových pohybů sledované oblasti (jako zdroje přetvoření). Zařízení vyvinuté pro geotechnické monitorování umožňuje zavést nový typ referenčních bodů, které usnadní napojení geotechnického měření na geodetické jak v městské zástavbě, tak v rozsáhlých územích.

Článek vznikl za podpory projektů č. 103/102/116 „Výzkum a verifikace metod sledování svahových pohybů“ a č. 103/01/1045 „Systém sledování technického stavu historických budov a predikce jeho vývoje s aplikací na území Pražského hradu“ GA ČR.



Obr. 4. Neočekávané výsledky inklinometrických měření poukazují na novou plastickou oblast ve velké hloubce v podložních jílech zpravidla pevné až tvrdé konzistence

Literatura

[1] Záleský, J. – Procházka, J. – Pruška, J.: Geodetic and Geotechnical Long-Term Monitoring Applied for the Prague Castle Area. Geodesy for Geotechnical and Structural Engineering, 2002.

[2] Systém sledování technického stavu historických budov a predikce jeho vývoje s aplikací na území Pražského hradu. Projekt č. 103/01/1045 GA ČR. ČVUT Praha, 2001

Lamboj, L. – Záleský, J. – Pruška, J.: Investigation and Verification of Methods of Slope Stability Monitoring

The project is focused on investigation of limits of applicability of a variety of geotechnical and geodetical methods of slope stability monitoring. The project also seeks to verify the sensitivity, accuracy and limits of use of these methods in relation to site conditions and assess slope stability and mass deformation development in selected sites in North Bohemia. Finally, the relation of the monitored data to different methods of slope stability assessment will be studied.

Lamboj, L. – Záleský, J. – Pruška, J.: Untersuchung und Prüfung von Verfahren zur Beobachtung von Hang-Böschung-Verschiebungen

Das Projekt behandelt die Ermittlung der Grenze der Brauchbarkeit verschiedener geotechnischer und geodätischer Verfahren bei der Beobachtung der Stabilität von Hängen und Böschungen, die Überprüfung ihrer Empfindlichkeit, Genauigkeit und die Grenze ihrer Brauchbarkeit in Bezug auf die örtlichen Verhältnisse sowie die Bewertung der Stabilität eines Hangs oder einer Böschung und der Deformation des Massivs an ausgewählten Standorten in Nordböhmen. Zum Abschluss der Projektlösung wird auch die Beziehung der dokumentierten Daten zu den verschiedenen Verfahren zur Bestimmung der Hang-Böschungstabilität untersucht.

Česká stavební společnost ČSVTS
Vědeckotechnická společnost pro sanace staveb a péči o památky – WTA CZ
společně
s Fakultou stavební VUT v Brně

pořádají

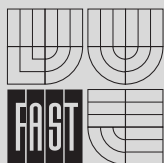
25. konferenci

Sanace a rekonstrukce staveb 2003

4. – 5. listopadu 2003

VUT – Fakulta stavební, Veveří 95, Brno

Tematické okruhy:



- Rehabilitace památkových objektů
- Strategie sanace staveb po povodních
- Progresivní trendy v sanacích staveb
 - sanace dřeva
 - povrchové úpravy
 - sanace kamene
 - sanace zdiva
 - sanace betonových konstrukcí
 - fyzikálně chemické vlastnosti
 - statika a dynamika staveb

V průběhu konference vystoupí k daným tématům zástupci Wissenschaftlich – Technische Arbeitsgemeinschaft für Denkmalpflege und Bauwerkserhaltung e. V. – WTA International a přední tuzemští odborníci.

Podrobnější informace:

Ing. Jan Vaněrek
VUT v Brně, Fakulta stavební
Veveří 95, 662 37 Brno
tel.: +420 541 147 501, 541 147 514
fax: +420 541 147 502
e-mail: 2350@fce.vutbr.cz
www.fce.vutbr.cz/wta

Ing. Miroslav Havel
WTA CZ
Novotného lávka 5, 116 68 Praha 1
tel.: +420 608 245 569; +420 221 082 397
fax: +420 222 222 155
e-mail: wta@wta.cz
www.wta.cz

Měření posunů a přetvoření historických staveb geodetickými metodami

Ing. Jaromír PROCHÁZKA, CSc.

Ing. Pavla VOBOŘILOVÁ

ČVUT – Fakulta stavební

Praha

Článek uvádí specifika měření posunů a přetvoření historických staveb. Vyzdvihuje možnosti a nezastupitelnost geodetických měření při vyhodnocování poruch těchto objektů. Na výsledcích sledování několika objektů Pražského hradu je doložena důležitost vyhodnocení posunů a přetvoření některých částí stavebních konstrukcí v závislosti na změnách teploty a času pro rozhodování stavebních odborníků při návrhu opatření, která by měla zamezit vzniku dalších poruch na stavebních konstrukcích.

1. Úvod

Geodetické práce týkající se bezpečného a spolehlivého provozu staveb jsou zaměřeny zejména na určování posunů (svislých, vodorovných či prostorových) a přetvoření stavebních konstrukcí. Důvodem pro zahájení geodetických měření může být kromě jiného zjevné poškození staveb (trhliny, náklony apod.), což je i nejčastější případ měření posunů a přetvoření u historických objektů, na který se příspěvek zaměřuje. Geodetickým měřením se určuje velikost a směr posunů a na jejich základě se pak vyhodnocují příčiny poškození. Ty mohou být různé, a proto je třeba ověřit, zda nedošlo ke změnám v podloží (změnou hladiny spodní vody, výstavbou nových objektů v blízkosti původní stavby apod.), k nevhodným stavebním úpravám při rekonstrukci stavby, leckdy nerespektujícím původní záměr či technologii stavby, apod. Stanovení příčin posunů a následných opatření k jejich zamezení je výsadou stavebních odborníků.

Ve smyslu platné ČSN 73 0405 [4] se posunem rozumí změna polohy nebo výšky stavební konstrukce vzhledem ke vztažné soustavě geodetických bodů umístěných mimo vliv sledované stavby (např. pokles stavby). Přetvořením se rozumějí vzájemné (relativní) posuny jednotlivých částí stavební konstrukce vůči sobě neboli změna tvaru konstrukce (např. průhyb nosné konstrukce).

Požadovaná přesnost určení posunů vychází z jejich očekávané velikosti, druhu stavby, popř. z velikosti kritických hodnot posunů konstrukce s ohledem na bezpečnost provozování stavby. Častým problémem je volba vhodných bodů vztažné soustavy (obvykle je nezbytná spolupráce se stavebním geologem) a kontrola jejich stability. Důležitou otázkou je rovněž objektivní posouzení posunů, s ohledem na přesnost jejich určení. Za prokázaný je možno považovat teprve posun, jehož hodnota překračuje mezní odchylku stanovenou rozbohem přesnosti měření. Není-li mezní odchylka překročena, nebyl posun prokázán a bod je nutno považovat za stabilní.

Posuny a přetvoření jsou zpravidla vztahovány k základní (někdy též k předchozí) etapě měření a vyjadřovány v číselné podobě formou přehledné tabulky. Velmi názorné je grafické vyjádření posunů, obvykle se zvýrazněním velikosti posunů (překreslené měřítko posunů vůči situaci), a to v různé formě.

2. Měření posunů a přetvoření historických objektů

Zahájení geodetických prací předchází rekognoskace v místě měření, zpravidla za účasti statika a památkářů, kteří mají významné slovo při výběru, umístění a způsobu osazení sledovaných bodů na stavební konstrukci. Statik by měl stanovit požadovanou přesnost určení posunů, ze které se dále vychází při volbě vhodné metody měření. Protože očekávaná velikost posunů není v tomto případě obvykle známa, bývá často požadována přesnost taková, aby byl s praktickou jistotou prokázán posun přesahující 1 mm, pokud lze takové přesnosti geodetickými metodami a za konkrétních podmínek hospodárně dosáhnout.

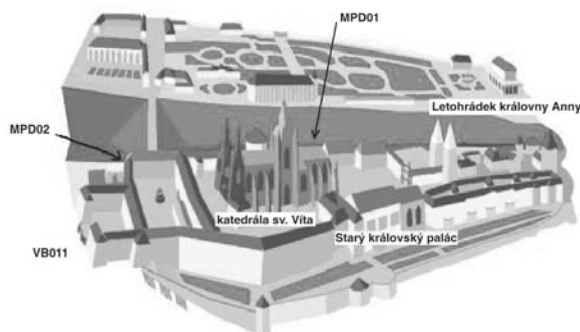
Pro uvedenou přesnost měření svislých posunů je nejobvykleji používaným postupem metoda přesné nivelace nebo metoda trigonometrická. Ta je vhodná i pro měření posunů vodorovných či určování náklonů svislých konstrukcí. V obou případech je pro dosažení takto vysoké přesnosti nutno dodržet řadu podmínek, bez kterých je jen velmi obtížně dosažitelná. Vzhledem k tomu, že posun je rozdílem hodnot naměřených ve dvou etapách měření, systematické vlivy stejné velikosti a znaménka se v rozdílu vyloučí. Proto je snahou zachovávat při měření posunů pokud možno stejné podmínky ve všech etapách, neboť mají-li systematické vlivy pro přesnost výsledku jednotlivé etapy (např. převýšení) rozhodující význam, pak přesnost posunu mezi etapami neovlivní (rozdíl převýšení).

Použití uvedených zásad v praxi je dokumentováno na příkladu sledování svislých a vodorovných posunů a náklonů stavebních konstrukcí historických objektů na Pražském hradě, které v současné době probíhá. Jde o měření svislých posunů a náklonů opěrných sloupů ochozu Letohrádku královny Anny, měření svislých posunů a náklonů nosných pilířů katedrály sv. Víta a měření svislých posunů nosných pilířů v objektu Starého paláce (Vladislavský sál a objekt Zemských desek), svislých posunů stropní klenby a náklonu stěn Vladislavského sálu (*obr. 1*).

3. Sledování svislých posunů a náklonů historických objektů na Pražském hradě

Pro měření svislých posunů a náklonů historických objektů na Pražském hradě platí poznatky uvedené v předchozím odstavci, k nim však přistupují další specifika této národní kulturní památky. Vzhledem ke skutečnosti, že Pražský hrad je sídlem prezidenta republiky, podléhá jakákoli činnost v těchto prostorách přísným bezpečnostním opatřením, která práci komplikují. Další překážkou v těchto prostorách je velký počet turistů z nejrůznějších zemí světa, kteří v podstatě znemožňují provádět měření nejvyšší přesnosti v době, kdy jsou nejnavštěvovanější objekty veřejnosti přístupné (katedrála sv. Víta, Vladislavský sál).

Vzhledem k podobným požadavkům statika u všech tří sledovaných objektů byla použita pro měření svislých posunů opěrných sloupů, nosných pilířů i stropní klenby metoda přesné nivelace, přizpůsobená konkrétním podmínkám každého objektu.



Obr. 1. Pohled na areál Pražského hradu [5]

Za body vztažné soustavy bylo ve všech případech využito bodů místní nivelační sítě, stabilizovaných vesměs standardními čepovými nivelačními značkami v přilehlých objektech. Pozorované body ve sloupech a pilířích byly podle požadavků památkářů osazeny mosaznými zděřeními zcela zapuštěnými do dřívku sloupu a opatřeny závitem pro našroubování mosazného válečku s obrubou na konci pro jednoznačné určení výšky (obr. 2). Značky jsou osazovány pouze v době měření a pro zachování stejné polohy ve všech etapách jsou opatřeny číslem a zašroubovány na doraz. Mimo dobu měření jsou opatřeny krytkou v barvě sloupů tak, aby nebyl narušen jejich vzhled.



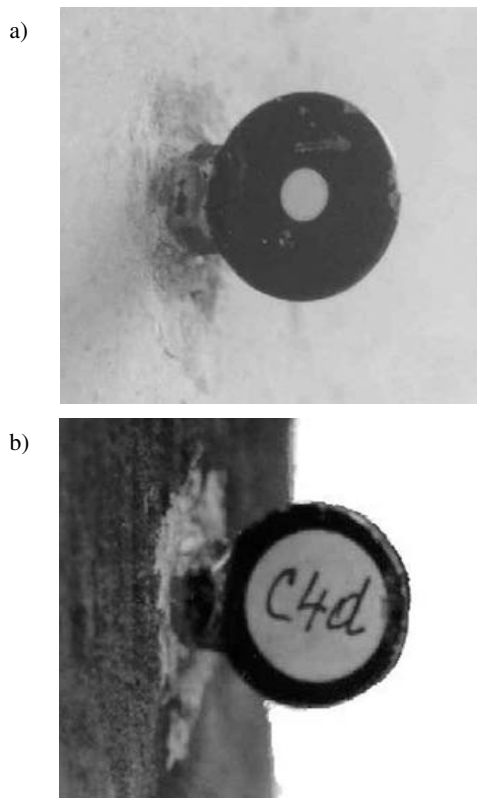
Obr. 2. Šroubovací nivelační značka s označením na pozorovaném bodě

Pozorované body na stropní klenbě Vladislavského sálu (měřeno z půdy) jsou osazeny hliníkovými vrchlíky o průměru základny 30 mm, nalepenými na hřebeni kleneb. K měření svislých posunů se používá optický nivelační přístroj Zeiss Ni 007 s jednou invarovou nivelační latí délky 1,85 m, popř. v objektu Starého paláce, kde se vyskytuje větší převýšení, ještě s latí délky 3 m.

K měření náklonů byla zvolena v Letohrádku královny Anny a katedrále sv. Víta metoda trigonometrická, ve Vladislavském sále byl uplatněn originální postup s využitím optického provažovače. Pozorované body v horní části sloupů, pilířů či stěn byly trvale osazeny kruhovými terčíky průměru 20 mm se žlutým středem průměru 2 až 5 mm, s ohledem na délku záměry (obr. 3a).

Terčíky stejných rozměrů, avšak šroubovanými do obdobných mosazných zděří jako pro nivelační značky (v případě letohrádku totožnými), jsou osazovány v době měření dolní pozorované body. Stálá poloha je zaručena dorazem a označením terče (obr. 3b).

K měření se používá elektronický tachymetr Leica TC 1800 s optickým dostředěním přístroje nad stanoviskem, které je trvale stabilizováno v dlažbě mosazným válečkem s

Obr. 3. Terčík pro měření náklonů
a – fotografie, b – zadní strana přípravku s označením

jemnou dírkou průměru 1 mm. Vysoké přesnosti dostředění (cca 0,4 mm) se dosahuje stejnou orientací optického dostředovače jednoho přístroje ve všech etapách. Tímto postupem se při vhodně zvoleném stanovisku přístroje z výpočtu posunů vyloučí systematická složka odchylky v dostředění, takže přesnost výsledných posunů (náklonu) není touto odchylkou ovlivněna. Stanovisko se volí s ohledem na určovaný směr náklonu tak, aby záměry byly na ně zhruba kolmé. Tím je vodorovný úhel mezi horním a dolním pozorovaným bodem velmi malý (body by měly být v podstatě na svislici), což se rovněž významně podílí na snížení vlivu excentricity přístroje na přesnost měřeného úhlu a zprostředkovaně i na přesnost náklonu. Za uvedených předpokladů lze vliv směrodatné odchylky v dostředění na směrodatnou odchylku náklonu vyjádřit vzorcem

$$\sigma_{\Delta q} = \sigma_e \cdot \sqrt{2 \cdot 4 \cdot \sin^2 \frac{\omega}{2}} \quad (1)$$

Pro směrodatnou odchylku v dostředění $\sigma_e = 0,4$ mm a pro úhel $\omega = 0,7$ gon je vliv dostředění na směrodatnou odchylku náklonu $\sigma_{\Delta q} = 0,006$ mm, a můžeme jej tedy oprávněně zanedbat.

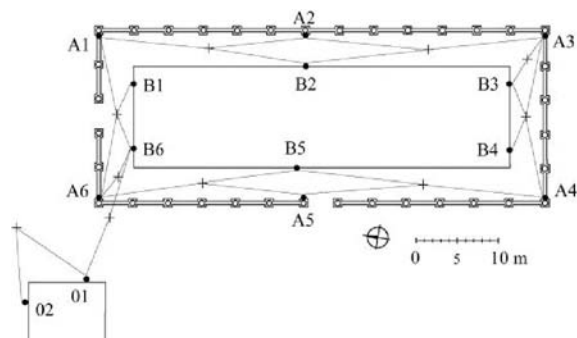
3.1. Letohrádek královny Anny

Podobně jako v ostatních sledovaných objektech Pražského hradu bylo měření posunů a náklonů opěrných sloupů ochozu Letohrádku královny Anny vyvoláno zjevnými poruchami na patách některých sloupů.

■ Sledování svislých posunů

Sledování svislých posunů pozorovaných bodů A_i na opěrných sloupech je měřeno uzavřeným nivelačním pořadem s bočními záměry na odpovídající pozorované body na vnitřním objektu B_i a připojením na body vztažné sítě 01

a 02 (obr. 4). Základní etapa byla zaměřena v prosinci 1999 při teplotě $T_0 = 3\text{ °C}$ a do ledna 2003 bylo zaměřeno dvanáct etap ve čtvrtletních intervalech. Výsledky neprokázaly svislé posuny pozorovaných bodů na vnitřním objektu, a proto byly tyto body překlasičkovány na body vztažné a vyhodnocovány relativní svislé posuny odpovídajících si dvojic bodů (tab. 1).



Obr. 4. Schéma zaměření vztažných a pozorovaných bodů pro určení svislých posunů

Převážně kladná znaménka svislých posunů jsou způsobena nízkou teplotou v základní etapě. Závislost velikosti průměrných svislých posunů na času a teplotě je vyjádřena lineární funkcí dvou proměnných, tj. času t_i a teploty vzduchu T_i . Potom

$$\Delta h^{i0} = a + b \cdot (t_i - t_0) + c \cdot (T_i - T_0), \quad (2)$$

kde a , b , c jsou koeficienty lineární regrese (regresní plochou je rovina), t_0 je datum zaměření základní etapě a T_0 teplota vzduchu v základní etapě. Odhad velikosti koeficientů lineární regrese a jejich směrodatných odchylek je vypočten metodou nejmenších čtverců za oprávněného předpokladu, že náhodné odchylky v určení zkoumaných dat jsou nezávislé veličiny s normálním rozdělením.

Velikost koeficientů a jejich směrodatných odchylek po vyrovnání:

$$\begin{aligned} a &= 0,2 \text{ mm}, & s_a &= 0,1 \text{ mm}, \\ b &= 0,007 \text{ mm/M}, & s_b &= 0,005 \text{ mm/M}, \\ c &= 0,028 \text{ mm/°C}, & s_c &= 0,007 \text{ mm/°C}. \end{aligned}$$

Koeficient b vyjadřuje velikost svislého posunu za jeden měsíc (M), koeficient c velikost svislého posunu vlivem změny teploty o 1 °C a koeficient a je absolutní člen. Po převedení na roční hodnoty činí vliv času na svislé posuny

$b_{\text{rok}} = 0,08 \text{ mm/rok}$ a vliv teploty, uvažujeme-li extrémní teploty od -25 °C do $+35\text{ °C}$, může dosáhnout hodnoty $c_{\text{max}} = 1,7 \text{ mm}$.

Aplikací statistického testu s nulovou a alternativní hypotézou, při použití kritické hodnoty $t_{\alpha, n'}$. Studentova rozdělení pro zvolenou hladinu významnosti $\alpha = 5\%$ a počet stupňů volnosti $n' = 9$ ($t_{\alpha, n'} = 1,83$), nelze zamítnout nulovou hypotézu pro vliv času ($b < t_{\alpha, n'} \cdot s_b$), a naopak, platí alternativní hypotéza pro vliv teploty ($c > t_{\alpha, n'} \cdot s_c$). Vliv času je tedy v tomto případě nutno považovat za neprokázaný s tím, že z tříletého měření lze usuzovat pouze na tendenci velmi malého zdvihu opěrných sloupů vůči vnitřnímu objektu. Pro posouzení vlivu času na svislé posuny je toto období relativně krátké. Naproti tomu vliv teplotních změn je spolehlivě prokázán.

■ Sledování náklonů

Podobně jako u svislých posunů pozorovaných bodů byly hodnoceny i průměrné relativní posuny odpovídajících si dvojic pozorovaných bodů rohových sloupů ve dvanácti etapách měření náklonů (obr. 5). Vzhledem k výrazným rozdílům mezi náklonem delších (východní a západní) a kratších (severní a jižní) stran (předpokládá se působení železobetonové desky střechy nad ochozem, popř. působení železnych vzpěr – obr. 5b) jsou delší a kratší strany hodnoceny samostatně. Hodnoceny jsou také průměrné změny převýšení dvojic pozorovaných bodů.

Velikost koeficientů a jejich směrodatných odchylek po vyrovnání:

a) pro stranu severní a jižní

$$\begin{aligned} b &= +0,009 \text{ mm/M}, & s_b &= 0,006 \text{ mm/M}, \\ c &= +0,041 \text{ mm/°C}, & s_c &= 0,004 \text{ mm/°C}, \end{aligned}$$

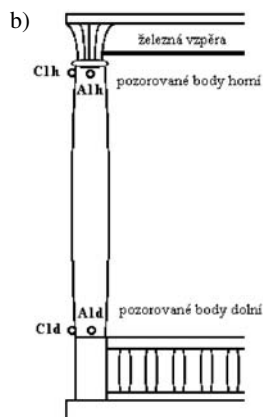
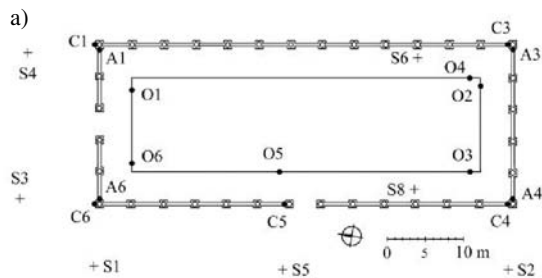
b) pro stranu východní a západní

$$\begin{aligned} b &= +0,001 \text{ mm/M}, & s_b &= 0,007 \text{ mm/M}, \\ c &= +0,075 \text{ mm/°C}, & s_c &= 0,004 \text{ mm/°C}. \end{aligned}$$

S ohledem na velikost vyrovnaných hodnot a jejich směrodatných odchylek je zřejmé, že vliv časového působení na náklony sloupů stejně jako u svislých posunů nelze prokázat. Vliv teplotních změn lze naopak pokládat v obou případech za prokázáný. Uvažujeme-li stejné extrémní teploty jako v předchozím případě, může maximální hodnota náklonu vlivem teploty dosáhnout pro kratší strany $c_{S-J, \text{max}} = 2,5 \text{ mm}$ a pro delší strany $c_{V-Z, \text{max}} = 4,5 \text{ mm}$, a to při převýšení pozorovaných bodů cca 3,2 m. Grafické znázornění náklonu sloupu na jihozápadním rohu letohrádku je na obr. 6. Z obrázku 6a je velmi dobře vidět závislost velikosti náklonu na teplotě, a to bez ohledu na čas. Odchyl-

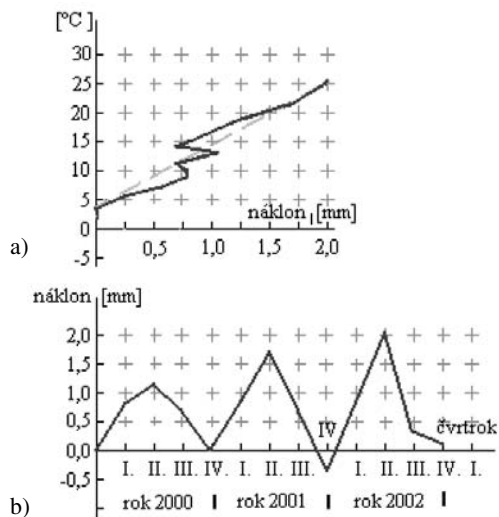
Tab. 1. Relativní svislé posuny odpovídajících si dvojic pozorovaných bodů

Pozorované body	Datum	Δt	ΔT	B1-A1	B2-A2	B3-A3	B4-A4	B5-A5	B6-A6	Průměr
	$t_0=15.12.99$	[měsíc]	[°C]	[mm]						
1. etapa	11.4.00	3,9	+ 7	+0,6	+0,6	+0,6	+0,5	+0,3	+0,5	+0,52
2. etapa	24.7.00	7,3	+15	+0,7	+0,6	+0,4	+1,1	+0,3	+0,9	+0,67
3. etapa	21.9.00	9,2	+ 7	+0,1	+0,2	-0,2	+0,4	+0,2	+0,4	+0,20
4. etapa	10.1.01	12,8	- 3	+0,0	+0,1	+0,2	+0,2	+0,2	+0,3	+0,18
5. etapa	10.4.01	15,8	+ 9	+0,9	+0,6	+0,5	+0,5	+0,5	+0,6	+0,58
6. etapa	3.7.01	18,6	+14	+1,0	+0,7	+0,1	+1,1	+0,6	+0,7	+0,69
7. etapa	27.9.01	21,4	+10	+0,7	+0,4	-0,3	+1,3	+0,6	+0,4	+0,50
8. etapa	9.1.02	24,8	- 4	+0,6	+0,2	-0,2	-0,0	+0,6	+0,4	+0,33
9. etapa	4.4.02	27,6	+ 9	+1,0	+0,7	+0,3	+0,6	+0,8	+0,7	+0,69
10. etapa	26.6.02	30,4	+15	+1,2	+1,2	+0,5	+1,1	+0,9	+1,0	+0,99
11. etapa	8.10.02	33,9	+ 6	+0,6	+0,5	-0,3	+0,5	+0,6	+0,6	+0,42
12. etapa	15.1.03	37,0	+ 1	+0,7	+0,2	+0,0	+0,2	+0,7	+0,6	+0,41



Obr. 5. Schéma umístění pozorovaných a orientačních bodů pro měření náklonů
a – půdorys, b – nárys

ky od vyrovnávací přímky jsou způsobeny jednak rozdíly teploty vzduchu a sloupu, zvláště při jeho přímém osvětlení sluncem, jednak nepřesnostmi měření. Obrázek 6b znázorňuje závislost velikosti náklonu sloupu na ročním období, samozřejmě ovlivněné teplotou při měření.



Obr. 6. Náklony pozorovaného bodu C4
a – s teplotou, b – s ročním obdobím

■ **Roztážnost sloupů**

Průměrná změna převýšení odpovídajících si dvojic pozorovaných bodů byla hodnocena pomocí vyrovnávací přímky (obr. 7). Výsledná změna převýšení pro změnu teploty 1 °C, při převýšení pozorovaných bodů 3,2 m:

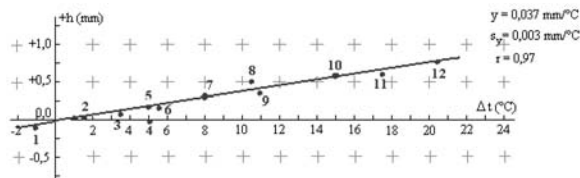
$$y = +0,037 \text{ mm},$$

při směrodatné odchylce z vyrovnání

$$s_y = 0,003 \text{ mm}$$

a koeficientu korelace

$$r = 0,97.$$



Obr. 7. Závislost změny výšky sloupů na teplotě

Hodnota koeficientu korelace r svědčí o velmi těsném funkčním vztahu mezi velikostí posunů a teplotními změnami.

Při změně teploty o 1 °C byla stanovena změna převýšení pro výšku sloupu 1 m:

$$\alpha = y/\Delta h = 0,000\ 037/3,2 = 12 \cdot 10^{-6} \text{ [}^\circ\text{C}^{-1}\text{]},$$

kteřá dobře odpovídá koeficientu roztažnosti pískovce, z něhož jsou sloupy zhotoveny.

Poněkud atypické výsledky sledovaných parametrů vykazují sloupy na východní a jižní straně letohrádku, které jsou postaveny na vysoké opěrné zdi (obr. 8) vystavené přímému slunečnímu záření.



Obr. 8. Pohled na opěrnou zeď Letohrádku královny Anny
a – jižní strana, b – východní strana



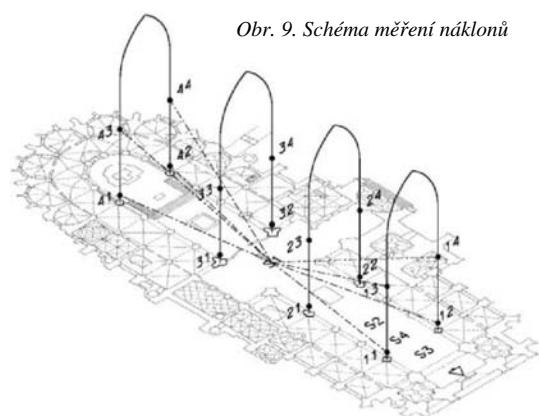
3.2. **Katedrála sv. Víta**

V katedrále jsou rovněž měřeny svislé posuny, náklony a roztážnost nosných pilířů střední chrámové lodi, a to ve čtyřech příčných řezech (obr. 9). Technologie měření je podobná jako v Letohrádku královny Anny, proto jsou uvedeny pouze dosažené výsledky a jejich hodnocení, které je zajímavé.

■ **Sledování svislých posunů**

Od července 2000 do ledna 2003 bylo zaměřeno kromě základní etapy dalších osm etap, z toho šest etap ve

čtvrtočnám a další dvě etapy pak v půlročním intervalu. Od šesté etapy jsou výšky sledovaných bodů vztaženy k hloubkovému geologickému vrtu ve Vikářské uličce, který je veden až na skalnaté podloží, a k soustavě dalších vztažných bodů okolo katedrály sv. Víta. Během tohoto měření došlo k poklesu novodobé části katedrály vůči původní zhruba o 0,5 mm. Zda jde o trvalejší jev, může prokázat pouze dlouhodobější měření.



Obr. 9. Schéma měření náklonů

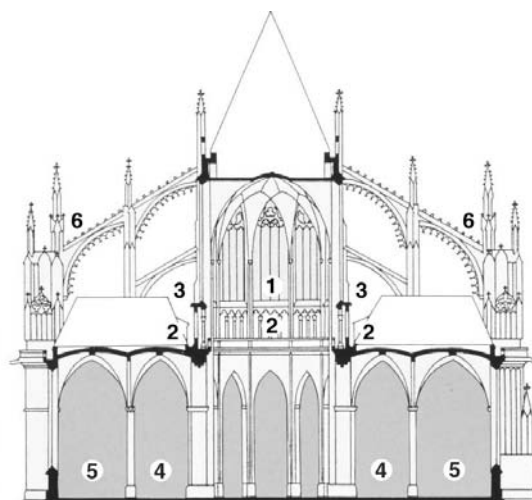
■ Sledování náklonů a roztlačnosti pilířů

Náklony nosných pilířů střední lodi katedrály jsou měřeny ve čtyřech příčných řezech (obr. 9). Na sledovaných pilířích jsou osazeny dvojice pozorovaných bodů, a to dolní bod ve výšce zhruba 2 m nad podlahou a horní v úrovni triforia (obr. 9 a obr. 10), ve výšce cca 17 m nad podlahou. Podobně jako u Letohrádku královny Anny byly hodnoceny průměrné relativní vodorovné posuny odpovídajících si dvojic pozorovaných bodů v osmi etapách měření náklonů (tab. 2). Hodnoceny jsou také průměrné změny převýšení dvojic pozorovaných bodů (tab. 2).

Výpočet vlivu času a vlivu teploty na velikost průměrného náklonu a změny převýšení nosných pilířů vzhledem k základní etapě byl opět proveden vyrovnáním metodou nejmenších čtverců. Teplota vzduchu při základní etapě byla uvnitř katedrály 20 °C, vně 16 °C.

Z tabulky 2 je zřejmé, že náklony dobře korespondují se změnou teploty vně katedrály, zatímco změna převýšení lépe odpovídá změně teploty uvnitř katedrály (pilíře jsou uvnitř obestavěného prostoru). Zajímavá a poněkud překvapivá je skutečnost, že se zvyšující se teplotou se opěrné pilíře naklánějí dovnitř katedrály (svírají se), a naopak, při nižší teplotě se rozvírají. Vysvětlením tohoto chování pilířů může být působení mohutné vnější opěrné konstrukce a obvodových staveb (obr. 10), které reagují na změnu venkovní teploty a působí příčnou silou na střední chrámovou loď.

Velikost koeficientů a jejich směrodatných odchylek po vyrovnání:



Obr. 10. Příčný řez katedrálou sv. Víta s vnějším opěrným systémem [6]

1 – vysoký chór, 2 – vnitřní triforium, 3 – vnější triforium, 4 – ochoz, 5 – obvodové kaple, 6 – vnější opěrný systém

a) pro náklony

$$b = +0,011 \text{ mm/M}, \quad s_b = 0,007 \text{ mm/M}, \\ c = -0,085 \text{ mm/}^\circ\text{C}, \quad s_c = 0,004 \text{ mm/}^\circ\text{C},$$

b) pro změnu převýšení

$$b = +0,011 \text{ mm/M}, \quad s_b = 0,016 \text{ mm/M}, \\ c = +0,188 \text{ mm/}^\circ\text{C}, \quad s_c = 0,011 \text{ mm/}^\circ\text{C}$$

S ohledem na velikost vyrovnaných hodnot a jejich směrodatných odchylek je zřejmé, že vliv časového působení na náklony pilířů stejně jako na změnu převýšení nelze prokázat. Vliv teplotních změn lze naopak pokládat v obou případech za prokázaný. Uvažujeme-li stejné extrémní teploty jako v předchozím případě, může maximální hodnota náklonu vlivem vnější teploty dosáhnout $c_{p,max} = 5 \text{ mm}$ a maximální změna převýšení pozorovaných bodů (při extrémní změně teploty uvnitř katedrály 30 °C) $c_{h,max} = 5,5 \text{ mm}$, a to při převýšení pozorovaných bodů cca 15 m.

Vzhledem k současnému náklonu protilehlých pilířů může změna příčné vodorovné vzdálenosti na úrovni triforia dosáhnout až 10 mm. Je otázkou, zda dochází k rovnoměrnému náklonu opěrných pilířů v celé jejich výšce (okolo 30 m – a pak by byla změna dvojnásobná), nebo dochází k jejich průhybu. To, bohužel, nelze určit vzhledem k nepřístupnosti horní části pilířů (pro osazení cílových terčů by bylo nutno vybudovat lešení).

Extrémní změnu výšky celých pilířů lze odhadnout hodnotou zhruba 11 mm, přičemž koeficient roztlačnosti pilířů vypočtený z koeficientu c a převýšení pozorovaných bodů

$$\alpha = c/\Delta h = 0,000188/15 = 12,5 \cdot 10^{-6} [^\circ\text{C}^{-1}]$$

dobře odpovídá koeficientu roztlačnosti pískovce i koefi-

Tab. 2. Vstupní hodnoty pro rovnice relativních posunů

Vstupní data	Etapa							
	první	druhá	třetí	čtvrtá	pátá	šestá	sedmá	osmá
datum měření etapy (zákl. et. 19.6.00)	20.9.00	15.12.00	15.3.01	2.7.01	11.11.01	23.1.02	25.6.02	30.1.03
časový rozdíl vůči základní etapě [měsíc]	3,0	5,9	8,9	12,5	16,7	19,1	24,2	31,3
průměrné relativní posuny vodorovné p_n [mm]	+0,36	+0,84	+0,72	-0,23	+1,18	+0,94	-0,24	+1,18
teplotní rozdíl vně katedrály ΔT_n [°C]	-4	-9	-10	+4	-11	-7	+5	-13
průměrné relativní posuny svislé h_n [mm]	-0,38	-1,66	-1,66	+0,44	-2,40	-3,12	+0,91	-2,19
teplotní rozdíl uvnitř katedrály ΔT_n [°C]	-2	-11	-12	0	-13	-16	+3	-16

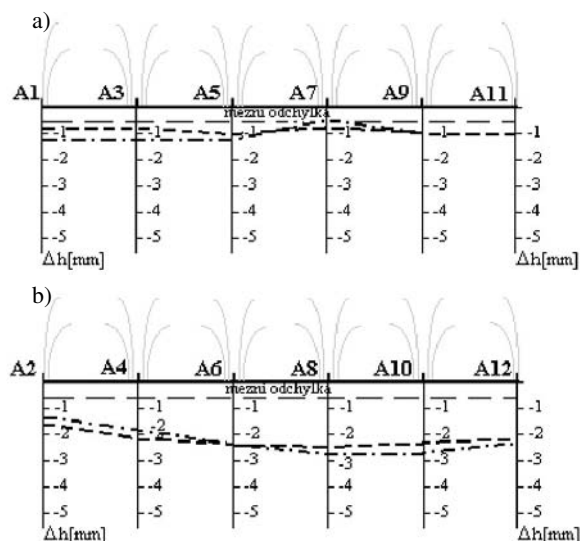
cientu určenému u opěrných sloupů Letohrádku královny Anny.

4.3. Starý palác

V objektu Starého paláce jsou měřeny svislé posuny nosných pilířů Vladislavského sálu a pilířů Zemských desek, náklony vybraných stěn Vladislavského sálu a svislé posuny stropní klenby Vladislavského sálu. Vzhledem ke specifickým podmínkám (nepevná dřevěná podlaha ve Vladislavském sálu) musela být technologie měření proti předchozím případům upravena či úplně změněna, avšak při zachování požadované přesnosti výsledků.

■ Sledování svislých posunů

Svislé posuny nosných pilířů Vladislavského sálu (dvanáct pozorovaných bodů) jsou měřeny metodou přesné nivelace, s dodržением všech dříve uvedených požadavků a zavedení příslušných oprav. Uzavřený nivelační pořad je veden přes všechny pozorované body, které jsou použity jako body přestavové. Nivelovací přístroj je stavěn na obvodovou kamennou lavici. Pořad je připojen na nivelační bod č. 026 hradní sítě, který je součástí soustavy vztazných výškových bodů používaných pro sledování svislých posunů katedrály sv. Víta a Starého paláce. Výsledky dosud zaměřených tří etap jsou graficky znázorněny na obr. 11.



Obr. 11. Svislé posuny nosných pilířů Vladislavského sálu
a – severní stěna, b – jižní stěna
— 0. etapa (24 °C), --- 3. etapa (-3 °C), - - 4. etapa (0 °C)

Jak je z obrázku zřejmé, je pokles jižní strany zhruba dvaapůlkrát větší než strany severní. Z grafu zřetelně vyplývá vliv teploty na svislé posuny pilířů, a to především v závislosti na výšce úrovně podlahy Vladislavského sálu nad okolním terénem (jižní strana je minimálně dvakrát vyšší než strana severní) a působení přímého slunečního záření na jižní stěnu. Skutečnost, že jde o poklesy, je zapříčiněna vysokou teplotou při základní etapě (měřeno v červencovém dni, kdy teplota odpoledne dosáhla až 30 °C). Následné etapy proběhly naopak při značně nízkých teplotách.

■ Sledování náklonů

Nestabilní dřevěná podlaha ve Vladislavském sálu neumožňovala použít pro měření náklonů obvodových stěn trigonometrické metody jako v předchozích případech. Proto bylo rozhodnuto měřit náklony určením odchylek

odpovídajících si dvojic pozorovaných bodů od svislice, realizované záměrnou přímkou optického provažovače Kern. Ten umožňuje vytyčení svislice jak do zenitu, tak do nadiru. Do obvodové kamenné lavice byly malým mosazným válečkem s dírkou osazeny dolní z dvojic pozorovaných bodů, a zhruba do svislice pak trvale horní terčíky (obdobu terčíků použitých pro letohrádek) na vodorovně umístěném dřívku. Pro určení odchylek od svislice sloužily strojírenské „sánky“ umožňující jemný posun ve dvou kolmých směrech s odečtem na mikrometrech. Sánky bylo ovšem nutno doplnit přípravkem na uchycení a přesné upevnění optického provažovače a přípravkem k uchycení celého zařízení na staviv, umožňujícím navíc jeho horizontaci. Dále bylo nutno upravit stativ k bezpečnému postavení na úzkou kamennou lavici.

Náklony byly měřeny v podélné a příčné ose sálu, a to vždy ve dvou protilehlých polohách optického provažovače. Z rozdílů mezi dvěma polohami odečtu byla ze čtyř etap vypočtena výběrová směrodatná odchylka v určení náklonu mezi dvěma etapami $s_p = 0,5$ mm. Náklony v rozhodujícím příčném směru nebyly v dosud zaměřených etapách prokázány.

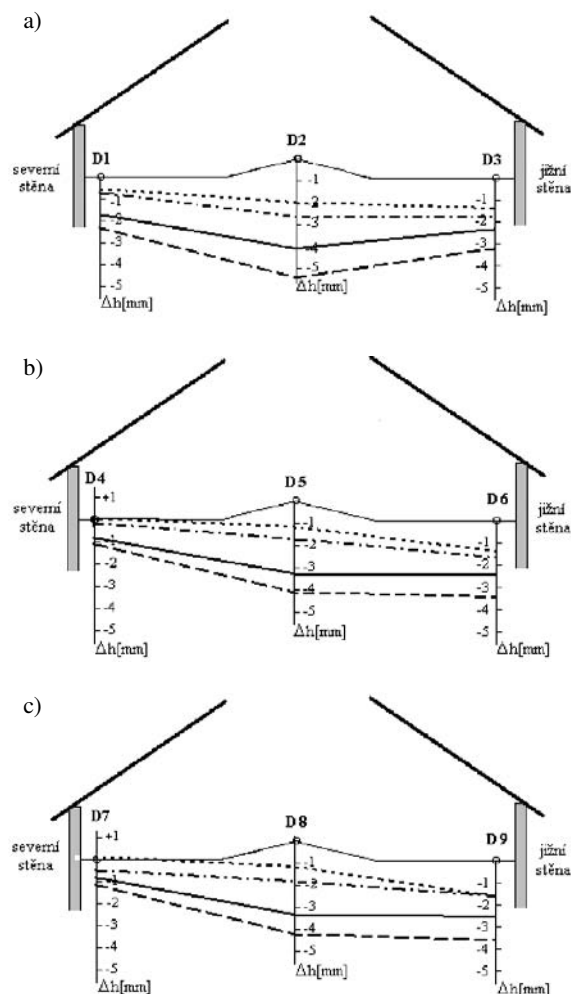
■ Sledování svislých posunů stropních kleneb

Svislé posuny stropních kleneb Vladislavského sálu jsou sledovány z půdního prostoru metodou přesné nivelace, a to ve třech příčných řezech procházejících hřebenem tří středních kleneb. Každý příčný řez zahrnuje tři pozorované body, z nichž dva krajní jsou zhruba 0,5 m od obvodových stěn a prostřední bod je umístěn v podélném hřebeni klenby (obr. 12). Z dosažených výsledků, jež jsou graficky znázorněny v obr. 13, je patrné, že podélný hřeben klenby klesá se snižující se teplotou, a naopak, při růstu teploty dochází ke zdvihů. Při poklesu teploty o 28,5 °C dosáhl pokles 4,2 až 5,4 mm. Rovněž na jižní straně budovy byl naměřen velku pravidelný pokles v závislosti na teplotě (až o 3,5 mm). Nejmenší posuny byly naměřeny na severní straně (1 až 2 mm), což odpovídá rozdílům svislých posunů pilířů Vladislavského sálu (obr. 11) na jižní a severní straně objektu.

Vzhledem k mezní odchylce svislého posunu, stanovené rozбором přesnosti v projektu geodetických prací hodnotou 0,4 mm, a velikosti naměřených posunů lze pokládat svislé posuny za bezpečně prokázané a závislé na změnách teploty.

5. Závěr

Cílem článku bylo poukázat na některá specifika měření posunů a přetvoření historických staveb a na příkladu několika objektů Pražského hradu ukázat možnosti a nezapustitelnost geodetických měření při vyhodnocování poruch těchto objektů. Výsledky měření prokázaly, že u sledovaných staveb nedochází k žádným dramatickým posunům, které by mohly způsobit náhlou destrukci objektu, umožnily identifikovat chování některých částí konstrukce v závislosti na změnách teploty, popř. vlivu přímého slunečního záření a usnadnily rozhodování statika při návrhu opatření, která by měla do budoucna zamezit vzniku dalších poruch na stavebních konstrukcích těchto budov. Výsledky rovněž potvrdily, že k prokázání dlouhodobějších pomalu probíhajících posunů (pokud jsou skutečností) je nutno měření opakovat v delším časovém horizontu, zpravidla již v delších intervalech. Jsou-li poruchy způsobeny dlouhodobými pomalými posuny, rychlejšími působením teplotních změn, nebo dokonce chemickými změnami materiálu, není jistě jednoduché rozhodnout a musí je posoudit příslušní stavební odborníci.



Obr. 12. Svislé posuny hřebene klenby Vladislavského sálu
 a – příčný řez 1, b – příčný řez 2, c – příčný řez 3
 — 0. etapa (24 °C), — 1. etapa (5,5 °C), 2. etapa (14 °C),
 - - 3. etapa (-4,5 °C), - - - 4. etapa (10 °C)

Literatura

- [1] Böhlm, J. – Radouch, V. – Hampacher, M.: Teorie chyb a vyrovnávací počet. GKP Praha, 1990.
 [2] Procházka, J. – Vobořilová, P.: Soubor technických zpráv k měření posunů a přetvoření objektů Pražského hradu. ČVUT Praha, 1999–2003.

[3] Procházka, J. – Vobořilová, P.: Sledování svislých posunů opěrných sloupů ochozu Letohrádku královny Anny na Pražském hradě. Geodetický a kartografický obzor, 49/91, 2003, č. 9, s. 188–199.

[4] ČSN 73 0405 Měření posunů stavebních objektů. ČSN, 1997.

[5] Prohlídka hradu – plán [cit. 2003-03-15]. Dostupné z URL: <http://old.hrad.cz/castle/plan.html>

[6] Hlobil, I. – Chotěbor, P. – Mahler, Z.: katedrála sv. Víta – 1. díl: stavba. Správa Pražského hradu. Praha, 1994.

Procházka, J. – Vobořilová, P.: Displacements and Deformations Measurement of Historical Buildings with Geodetical Methods

This article shows specifics of displacements and deformations measurement of historic buildings. It highlights the possibilities and also the key role of geodetic measurements in shifts evaluation of these objects. Also, the results of monitoring of several Prague castle buildings are presented. They document the importance of the measurements evaluation related to temperature changes. These results are an important element in the design process, enhancing the selection of steps aimed at preventing origination of other displacements and deformations of building structures.

Procházka, J. – Vobořilová, P.: Messung der Verschiebungen und Verformungen historischer Gebäude mit geodätischen Methoden

Der Artikel behandelt die Spezifika der Messung der Verschiebungen und Verformungen historischer Gebäude. Er hebt die Möglichkeiten und die Unersetzbarkeit geodätischer Messungen bei der Auswertung von Störungen an diesen Objekten hervor. An den Ergebnissen einer konkreten Beobachtung einiger Objekte der Prager Burg wird die Wichtigkeit der Auswertung der Verschiebungen und Verformungen einiger Teile der Baukonstruktionen in Abhängigkeit von der Änderung der Temperatur und der Zeit für die Entscheidungsfindung durch Baufachleute beim Vorschlagen von Maßnahmen belegt, die die Entstehung weiterer Schäden an den Baukonstruktionen verhindern sollen.

odborné semináře

součást projektu celoživotního vzdělávání autorizovaných inženýrů a techniků ČKAIT

LEGISLATIVA a PRÁVO ve stavebnictví

Kongresový sál – Arcibiskupský seminář, Thákurova 3, Praha 6

30. října 2003

Energetický audit jako základní nástroj cílené sanace budov

Ing. Jiří Šála, CSc., Ing. Irena Plocková – Česká energetická agentura / Ing. Tomáš Zajíc

Proč je energeticky cílená sanace prvořadá. Sanace nejen zjevných, ale i latentních vad. EA jako studie proveditelnosti energeticky cílené sanace. Užitečnost EA pro investory. Problémy s kvalitou EA. Důsledky chyb tepelně technického hodnocení v rámci EA. Na jakou úroveň navrhnout tepelně technické úpravy v rámci EA.

Určení geometrických parametrů vybrané části katedrály sv. Víta v Praze

Ing. Pavla VOBOŘILOVÁ
Ing. Tomáš JIŘIKOVSKÝ
doc. Ing. Jiří POSPÍŠIL, CSc.
ČVUT – Fakulta stavební
Praha

K určení geometrických parametrů vybrané části katedrály sv. Víta vstupujících do numerického modelu stavby byla zvolena kombinace geodetického zaměření jednoznačně identifikovatelných bodů stavební konstrukce a digitalizace výkresové dokumentace. K měření sloužil nový přístroj s laserovým dálkoměrem. Transformace rastrových podkladů do nově zaměřené situace umožňuje určení geometrických parametrů libovolných prvků výkresu.

Archivní podklady

Pro modelování chování části konstrukce katedrály sv. Víta v Praze byla vybrána část kaple sv. Zikmunda (Černínská) a část Staré sakristie (kaple sv. Michala) v parléřovské části katedrály ze strany Vikářské ulice. Předpokladem je získání potřebných geometrických parametrů.

V počáteční fázi byly k dispozici soubory vodorovných řezů ve formátu DGN v několika výškových úrovních. Tyto úrovně však nebyly jednoznačně definovány. Zcela chyběly svislé řezy, které jsou pro určení geometrických parametrů nezbytné. Dalším nedostatkem podkladů byla jejich značná místní nepřesnost (např. autory článku zjištěná kontrolní oměrná míra byla 1,050 m, podle dokumentace však 1,259 m; v jiném případě byla kontrolní oměrná 0,860 m a z dokumentace 0,868 m). Proto autoři navázali spolupráci s Archivem Pražského hradu, odkud byly získány kopie výkresové dokumentace v měřítku 1 : 100. Jde o podzemí, přízemí, vodorovný řez v úrovni první kruchty, řez v úrovni druhé kruchty, krov, podélný řez a řez starou sakristií. Na základě informací ze Správy Pražského hradu byly v archivu vyhledány původní výkresy opěrného systému katedrály stavitele Josefa Mockera z roku 1887. Opěrný systém má zachycovat šikmé klenební tlaky. Tvoří ho odstupňované čtyřboké opěrné pilíře při vnější zdi katedrály vrcholící fiálami, do nichž jsou v šikmém sklonu zakotveny opěrné oblouky (s kraby a liliemi). Protože se výkres opěrného dvojitého oblouku nachází sice v severní části katedrály, ale nikoli ve sledované parléřovské části, vycházelo se z fotografie originálního plánu uloženého ve Vídni [1].

Geometrické parametry vybrané části katedrály byly získány kombinací geodetického zaměření významných bodů stavební konstrukce a následného „lícování“ digitalizované výkresové dokumentace, čímž bylo opraveno chybné měřítko a omezeny lokální nepřesnosti podkladových výkresů.

Geodetické zaměření

Pro geodetické zaměření vlíčovacích bodů byla použita prostorová polární metoda. Měřická totální stanice Leica TCR 307 s laserovým dálkoměrem umožňuje měření na pasivní odraz, tj. bez nutnosti fyzicky signalizovat měřené

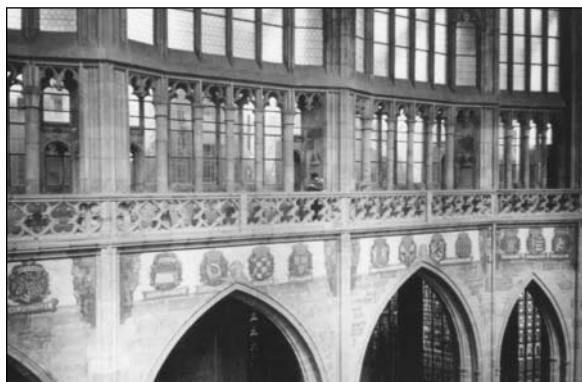
body odrazným hranolem či štítkem. Tak bylo možné bezkontaktně zaměřit i většinou nepřístupné body. Vzhledem k velmi strmým záměrům (sklon i přes 60 gon) bylo před měřením nutné ověřit a rektifikovat na pomocné základně osové podmínky přístroje, jakož i koaxialitu optické a laserové záměrné přímký. Jelikož se nepodařilo získat dostatek údajů o dostupném polohovém bodovém poli v katedrále a okolí, byl pro zaměření vybudován polygonový pořad (ve zvolené místní souřadnicové soustavě vztažené k ose chrámu) sestávající ze tří bodů – jeden ve Vikářské ulici, druhý na podlaze chrámu ve střední lodi a třetí na jižním ochozu triforia (obr. 1, obr. 2). K trvalé (památku nepoškozující) stabilizaci polygonových bodů byly využity rohy podlahových (resp. dlažebních) kamenných desek.



Obr. 1. Stanovisko polygonového pořadu v jižní části triforia

Polohové navázání bylo zajištěno zaměřením významných, jednoznačných pevných bodů v chrámu. Výškově byl pořad připojen trigonometrickou nivelací na dva body místní nivelační sítě (jeden vně a jeden uvnitř chrámu jako pozorované body z paralelně probíhajícího projektu sledování sedání pilířů chrámu metodou přesné nivelace) a kontrolně ještě na několik pozorovaných a pevných bodů (z projektu sledování deformací).

Dosažený výškový uzávěr v pořadu dlouhém 60 m byl 2 mm. Místní souřadnicová soustava byla definována tak, že



Obr. 2. Pohled ze stanoviska na protější severní část

osa $+x$ je rovnoběžná s osou hlavní lodi, počátek leží v jednom z pevných bodů. Výškově byly body určeny v systému Bpv (odvozením z výšky jednoho pozorovaného bodu z projektu sledování deformací, který spadá i do podrobného výškového bodového pole PNS – 1974). K výpočtům souřadnic a výšek polygonových i podrobných bodů byly využity programy GaMa-Rocinante a Groma.

Výsledek měření

Bylo zaměřeno 65 podrobných bodů, některé z nich dvakrát nezávisle (kontrolně). Měření je dokumentováno záznamem dat ve formátu IDEX (Leica) a podrobnými měřickými náčrtky. Pro všechny body byly vypočteny pravouhlé prostorové souřadnice ve výše uvedené soustavě. Rozdíly prostorové polohy u dvakrát určených bodů byly pouze do 4 mm u jednoznačně identifikovatelných bodů; a nejvýše do 23 mm u méně zřetelných bodů (nejednoznačné cílení). Vliv má také použitý způsob cílení (pointace). Optickým cílením lze dosáhnout obecně lepší přesnosti než při použití pouze laserového ukazovátka. V každém případě byla bohatě dodržena řádově centimetrová přesnost potřebná pro vlícování grafických výkresů. Měření opět potvrdilo vhodnost tohoto typu přístrojů (Leica TCR) pro podobné úlohy (i při požadavku větší přesnosti).

Měření probíhalo pod dohledem zaměstnanců Správy Pražského hradu, kteří umožnili vstup do běžně nepřístupných prostor triforia a po celou dobu sledovali, zda práce neohrožuje stav historického objektu.

Transformace rastrových podkladů do lokální souřadnicové soustavy

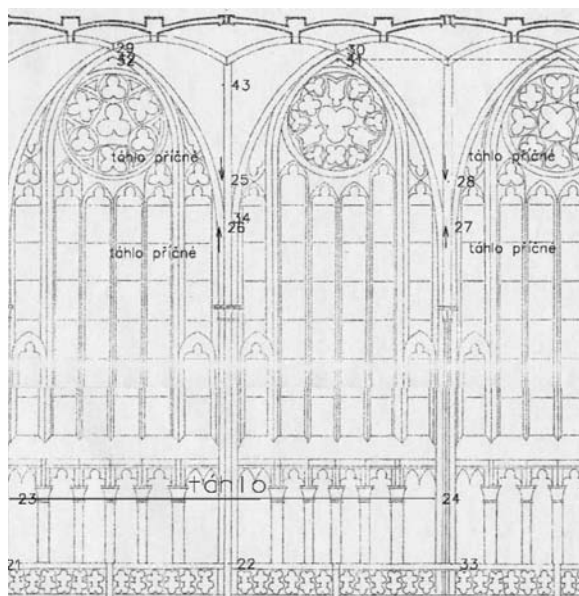
Nedostatek času a prostředků nedovolil geodeticky zaměřit danou část katedrály v plném rozsahu. Rovněž nebyla jednoznačně zadána přesnost měření a míra podrobnosti. Proto bylo zvoleno přibližné řešení – určení několika vlícovacích bodů v objektu, na které se transformovaly dostupné rastrové podklady. Tím se v podkladech definoval souřadnicový systém a je možné odečítat souřadnice libovolného prvku.

Kopie výkresové dokumentace z archivu Pražského hradu na kancelářském papíru formátu A3 se digitalizovaly do rastrových obrázků skenerem firmy Mustek, rovněž formátu A3. Původní kresby jsou zhotoveny v měřítku 1 : 100. Skladováním, kopírováním a digitalizací se měřítko změnilo. Protože existuje nové měření, které kresbě definuje rozměr, udává znalost měřítka podkladů pouze očekávanou míru zakreslených podrobností (např. výčnělky menší než 50 mm se již v plánech nemusejí vyskytovat; další detaily jsou znázorněny jen schematicky). Jiným zdrojem digitalizovaných podkladů byla publikace [1].

Další zpracování probíhalo převážně v programu Microstation V8. Nejdříve byl seznam souřadnic měřených bodů importován geodetickým programem Groma, v. 5 do Microstationu 95. Poté byly soubory ze starší verze tohoto programu převedeny na formát V8. V současné době má již program Groma [2] k dispozici verze beta převodů z aktuální verze programu Groma 7 do Microstation V8. Zatím však na pracovišti autorů tato verze není, a tak byl použit osvědčený postup starších programů.

Body v objektu byly záměrně zvoleny tak, aby byly identifikovatelné i v původní kresbě. Kresba, na níž bylo určeno větší množství bodů, byla transformována do daného souřadnicového systému jako první. Transformace rastru (posun, otočení, změna měřítka) byla volena podobnostní nebo afinní na všechny identické body. Pokud afinní transformace (změna měřítka je pro jednotlivé osy různá) nedávala znatelně lepší výsledky, byla zvolena transformace podobnostní. V okamžiku, kdy je původní obrázek transformován, ukládá se do souboru ve formátu souřadnicový TIFF, aby po znovuootevření modelu bylo možné rastr automaticky připojit na totéž místo. Nutno poznamenat, že výsledkem zpracování není nová vektorová kresba kopírující průběh rastru, ale vychází se přímo z původních podkladů, a proto je potřebné, aby rastry byly připojeny k modelu stále stejným způsobem. To umožňuje právě souřadnicový TIFF.

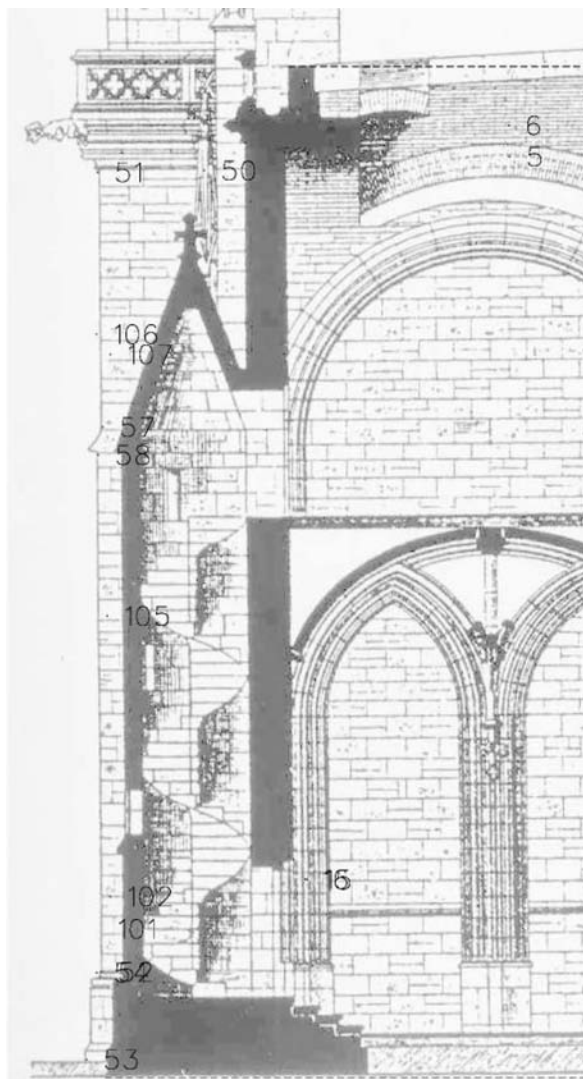
Dále následuje připojení sousedního listu jednak na měřené vlícovací body, ale též na okraj sousední kresby (zhotoví se pomocné body rovněž vstupující do transformace). To, že jsou podklady spojované k sobě, je patrné i z detailních pohledů, kde na okrajích jednoho listu kresby přestává být kresba patrná. Příkladem je na obr. 3 světlejší vodorovný pás bez kresby zhruba uprostřed obrázku. Lze volit, které rastry se budou překrývat a podle potřeby je možné je vyměňovat.



Obr. 3. Severní část v původní kresbě s nově měřenými body

Požadovaná přesnost určení souřadnic podrobností zadána nebyla. Průměrná dosažená přesnost v umístění identických bodů z rastrů na nové měření je cca 0,2 m, v čemž se promítá chyba v zaměření původní situace, v jejím zakreslení a dále částečně změny způsobené srážkou kresby a chyby nového měření. Přesnost vlícování podkladů na měřené body je patrná ze vzdáleností identických bodů, které by měly mít jak v transformovaném rastru, tak ve vektorovém

výkresu, stejné souřadnice, jako je tomu např. u bodů 51 až 58 na obr. 4. Prioritním cílem je určení tvarů a relativních vztahů mezi různými prvky, k čemuž by dosažená přesnost měla být dostačující.



Obr. 4. Příčný řez Starou sakristii

Závěr

K určení prostorových geometrických parametrů části objektu byl použit způsob kombinující geodetické zaměření vybraných podrobných bodů a informace obsažené v archivních grafických podkladech. Body zaměřené geodetiky slouží jako vřícovací pro transformaci rastrových (digitalizovaných grafických) podkladů, pro jejich správné vzájemné prostorové umístění, a také pro nápravu jejich mnohdy chybného měřítka. Vzhledem k požadavku minimálních nákladů na určení geometrických parametrů chrámu se uvedený způsob zaměření (s využitím totální stanice a měření na pasivní odraz) i následná transformace ukázaly jako vyhovující.

Podklady pro článek byly získány v rámci řešení grantového projektu č. 103/01/1045 GA ČR „Systém sledování technického stavu historických budov a predikce jeho vývoje s aplikací na území Pražského hradu“.

Literatura

- [1] Hlobil, I. – Chotěbor, P. – Mahler, Z.: Katedrála sv. Víta. 1. díl, stavba. Správa Pražského hradu, Praha, 1994.
[2] www.groma.cz

Vobořilová, P. – Jiříkovský, T. – Pospíšil, J.: Determination of Geometrical Parameters of a Selected Part of St. Vitus Cathedral in Prague

For the determination of geometrical parameters of a selected part of St. Vitus Cathedral to be used as input into the numerical model of the building, a combination of geodetic surveying of clearly identifiable points of the building structure with digitization of project drawings was employed. The surveying process involved a new device with a laser distance meter. Transformation of raster documents into a newly surveyed site plan facilitates the determination of geometrical parameters of any elements of the drawing.

Vobořilová, P. – Jiříkovský, T. – Pospíšil, J.: Bestimmung der geometrischen Parameter eines ausgewählten Teils des St.-Veits-Doms in Prag

Zur Bestimmung der in ein numerisches Modell des Bauwerks eingehenden geometrischen Parameter eines ausgewählten Teils des St.-Veits-Doms wurde eine Kombination der geometrischen Vermessung eindeutig identifizierter Punkte der Baukonstruktion mit der Digitalisierung der zeichnerischen Dokumentation gewählt. Zur Messung wurde ein neues Instrument mit einer Laser-Fernmessvorrichtung benutzt. Die Transformation der Rasterunterlagen in den neu vermessenen Lageplan ermöglicht die Bestimmung der geometrischen Parameter beliebiger Elemente der Zeichnung.



Fakulta stavební ČVUT Katedra geotechniky

pořádá

jednodenní vědecký seminář

GEOMONITORING

12. listopadu 2003

ČVUT v Praze, Fakulta stavební,
Thákurova 7, Praha 6

Přihlášky a informace:

Ing. Jan Záleský, CSc., tel.: 224 354 551,
fax: 233 334 206, zalesky@fsv.cvut.cz
doc. Dr. Ing. Jan Pruška, tel.: 224 654 547,
Pruska@fsv.cvut.cz

Využití jílovců cyprisového souvrství ve stavebnictví

Ing. Jan MARŠÁK

prof. Ing. Petr BURYAN, DrSc.

VŠCHT – Ústav plynárenství, koksochemie
a ochrany ovzduší
Praha

Článek seznamuje s chemickým a mineralogickým složením cyprisových jílovců, jejich fyzikálními vlastnostmi a možnostmi využití pro různé stavební i nestavební aplikace.

Úvod

Využití jílovců je rozsáhlé v mnoha oblastech průmyslu. Přímé využití je možné pozorovat v průmyslu stavebních a keramických hmot [1]. Česká republika má bohatá naleziště těchto surovin. Mezi nejzajímavější patří cyprisové jíly¹⁾ ze Sokolovské uhelné pánve, které zde tvoří mocné souvrství (až 150 m). Význam ostatních ložisek je potlačen velkými zásobami právě v této oblasti [2].

Technologické vlastnosti jílovců surovin jsou závislé především na vlastnostech přítomných minerálů, látkovém složení, zrnitostním rozptylu, stupni zpevnění a na podmínkách zpracování [3]. Cyprisové jíly se řadí mezi zeminy, které výpalem zvětšují svůj objem, přičemž se vytváří velmi pórovitá struktura uzavřená slinutou povrchovou vrstvou. V rotačních pecích se zpracovávají na velmi lehký granulát (dříve pod označením keramzit²⁾) a svou podstatou se řadí mezi keramické hmoty, které jsou jedním z nejstarších a osvědčených stavebních materiálů. Zrno keramzitu je světle hnědé, na řezu šedé, značně pórovité, s téměř slinutým povrchem.

Keramzit se u nás dodává na trh pod obchodním názvem Liapor (výrobce LIAS Vintřův). Nejvíce se uplatňuje ve stavebnictví (lehké betony, malty, stavební díly, zdicí tvarovky, komínové dílce, zásypaný materiál), v oblasti životního prostředí a v zahradnictví (substrát). Aplikacím předává Liapor své výborné technologické vlastnosti.

Problémem při zpracování cyprisových jílovců je možnost selektivní těžby. Cyprisové souvrství se technologicky skládá ze tří vrstev, makroskopicky téměř nerozlišitelných. Pro výrobu keramzitu je nejvhodnější prostřední vrstva, svrchní je většinou nevyužitelná a spodní část je vhodná spíše pro výrobu cihlářského zboží [2]. Proto musí závod ve Vintřově často zpracovávat i méně kvalitní surovinu, což znesnadňuje technologický proces.

Cílem výzkumu, který probíhá ve spolupráci Ústavu plynárenství, koksochemie a ochrany ovzduší VŠCHT Praha a firmy Lias Vintřův, je především detailní popis složení cyprisových jílovců a následně optimalizace tepelného zpracování a zlepšení kvality konečného produktu ovlivněním vstupních parametrů výchozí suroviny.

Jílovce cyprisového souvrství

Surovina pro zpracování pochází z nadloží uhelné slaje Antonín Sokolovské pánve. Zpracovatelský závod zásobuje ze skrývky nadloží Velkolom Družba ve Vintřově. V současné době se buduje skládka kvalitní suroviny, která bude sloužit k výrobě i po vyčerpání uhelných zásob velkolomů Družba a Jiří a po zastavení těžební činnosti.

• Mineralogické složení

Základem jílových surovin jsou jílové minerály³⁾, tj. křemičitany s vrstvenou stavbou strukturálních sítí (fylosilikáty), které jsou velmi pevně spojeny do strukturálních vrstev [1]. Cyprisové jíly obsahují převážně trojsíťové jílové minerály, a to:

- **illit**⁴⁾, který se vyskytuje v jílovitých břidlicích, půdách, kaolinitu nebo montmorillonitu. Krystalová struktura se jen nepatrně liší od muskovitu. Je expandujícím minerálem miocenních cyprisových vrstev ze skrývky slaje Antonín v Sokolovské pánvi [4]. Vyvložkoval patrně v alkalickém prostředí stojatých vod pánve jako chemický sediment;

- **kaolinit**, tj. tepelně málo stabilní materiál, u něhož již při teplotách 450 až 550 °C dochází k rozkladu struktury. Při zahřívání na 500 až 700 °C dochází k dehydrataci (vznik metakaolinu), při teplotě 940 až 1 000 °C k spontánní krystalizaci korundu a mullitu [5]. Jeho identifikace je makroskopicky nemožná, a proto se k identifikaci využívají laboratorní metody (rentgenová difrakce, infračervená spektroskopie), pomocí nichž je rozpoznatelný. Kaolinit má charakteristické vibrace OH (cca 3 670 cm⁻¹), pomocí infračervené spektroskopie je možné jednoznačně určit jeho přítomnost [1]. Vyskytuje se ve dvou formách – dobře krystalovaný (well crystalized kaolinite) a neuspořádaný (poorly crystalized kaolinite);

Tab. 1. Chemické složení jílovců cyprisového souvrství – pouze majoritní složky [7]

Složení	[% hm.]
Na ₂ O	0,320
MgO	1,970
Al ₂ O ₃	30,460
SiO ₂	47,410
P ₂ O ₅	0,355
S	0,306
K ₂ O	2,300
CaO	2,670
TiO ₂	3,610
MnO	0,108
Fe ₂ O ₃	10,090

¹⁾ Pro označení této suroviny se používá několik synonym, a to jílovce cyprisového souvrství, cyprisové jíly a další.

²⁾ Označení keramzit pochází z ruské odborné terminologie. V ostatních zemích se používají různé obchodní názvy, obecně se pro expandované jíly v němčině používá blähton, v angličtině expanded clay.

³⁾ Jílové minerály, hlavní součásti jílových surovin, jsou rozděleny do sedmi skupin podle krystalové struktury, krystalochemie, počtu a poměru sítí v základní vrstvě, existujících záměn kationtů v oktaedrech a tetraedrech a z toho vyplývajícího náboje strukturálních vrstev [3].

⁴⁾ Existuje mnoho jiných pojmenování tohoto minerálu – jemnodisperzní muskovit, hydroslída, hydromuskovit, hydratovaná slída, slídivý jíl, sericit [1].

▪ **siderit**, jenž je obdobou kalcitu, vápník je však nahrazen železem. Železo ovlivňuje strukturní vlastnosti, štěpnost a krystalickou soustavu jen nepatrně, ale má velký vliv na hustotu, barvu, tvrdost a elektrochemické vlastnosti. Ve vzorcích cyprisových jíílů se projevuje přítomnost značného množství sideritu. V hornině je velmi jemně rozptýlen. U některých vzorků jsou difrakční linie tohoto minerálu velmi intenzivní, v chemickém rozboru s nimi koresponduje vysoký obsah dvojmocného železa.

• Chemické složení

Chemicky jsou jíilovce cyprisového souvrství složité komplex (tab. 1), jehož variabilní chování při vlastním procesu zahřívání a vyvolání reakcí pro expandaci vysvětlují, proč je výroba založena víceméně na empirii [6].

Oxidy křemíku a hliníku tvoří nejstálější složku lehce tavitelných jíílů ve smyslu teplotního působení [8]. Ve větší míře než ostatní oxidy zvyšují viskozitu roztaveného materiálu. Vyšší obsah oxidu křemičitého a hlinitého zvyšuje bod tání materiálu.

Vysoký obsah železa zřejmě koresponduje s přítomností sideritu (uhličitanu železnatého), pyritu (disulfidu železnatého) a szomolnokitu (hydrátu síranu železnatého). Vyskytuje se poměrně nerovnoměrně [7] a je nesporně jedním z nejdůležitějších prvků při procesech v rotační peci.

Titan je důležitý zejména v krystalických strukturách s acidickou reakcí. Zvýšený obsah v sokolovských jíílech lze vysvětlit ze zvětralin čedičů a čedičových tufů terciárního vulkanizmu.

Oxid vápenatý tvoří s ostatními složkami řadu sloučenin a eutektik. Vykazuje silný tavicí účinek, prudce snižuje viskozitu v malém rozsahu teplot, což způsobuje rychlou deformaci materiálu a znesnadňuje proces výpalu [8]. Tato zvláštnost oxidu vápenatého se ostře projevuje v případě, že jeho obsah převyšuje určité minimum – okolo 3 %. Oxid vápenatý snižuje i bod tání materiálu.

Oxidy sodíku a draslíku, schopné při relativně nízkých teplotách tvořit nízkotající eutektika, ovlivňují ohnivzdornost jíílů, jejich dřívější spékání a interval měknutí. Tyto prvky (Na, K, Ca, Mg) vytvářejí spolu s hliníkem a křemíkem na povrchu zrna keramzitu tvrdou slinutou vrstvu, která tvoří „slupku“ okolo zkoksovateľého vnitřního prostoru zrna. Zásadité oxidy podmiňují tvoření značného množství kapalné fáze nutné proto, aby soustava získala optimální viskozitu pro expandaci v širším intervalu teplot. Lepší jíilovou surovinou pro keramzitu jsou jííly obsahující 3 až 5 % zásad [8]. Jííly ze Sokolovské pánve tento požadavek splňují. Materiály s malým množstvím zásaditých oxidů vedle slabého sklonu k expandaci potřebují mnohem vyšší teploty zahřívání.

Expandace surovin

Poznatek, že se některé keramické suroviny v žáru nadýmají, je znám již dlouho⁵⁾. Obecné faktory podmiňující vznik tohoto procesu jsou dostatečně známé. Každá hlína vhodná k rozpínání v žáru musí splňovat tři podmínky [9]:

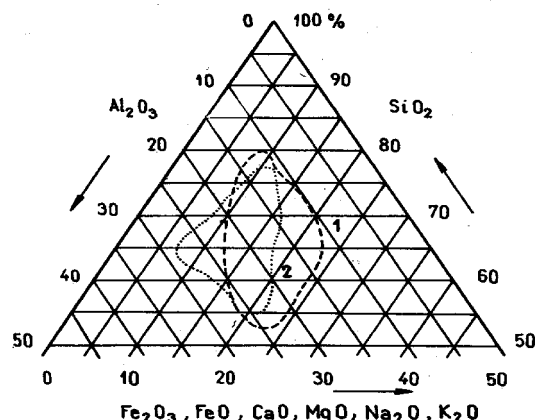
- při vhodném žáru se v ní musí natolik stavět dostatek látky, aby se póry na povrchu zaplnily taveninou, která by znemožňovala unikání plynů tvořících se uvnitř;
- uvnitř materiálu musí zůstat dostatečně vysoká viskozita taveniny, aby propouštění plynů zůstalo omezeno. Stav

látky vyhovující těmto podmínkám označujeme jako pyroplastický [9]. Materiál musí mít při dosažení teploty, při níž se začíná rozpínat, malý objem pórů a hustou strukturu [10];

– v surovině musí být přítomna taková látka nebo směs látek, které uvolní plyny právě v okamžiku stavení povrchu, kdy se dosáhne pyroplastického stavu [9].

Expandační vlastnosti závisí na chemickém a mineralogickém složení jíilových surovin. U jednotlivých oxidů je podstatná jejich mineralogická forma, významná je primární zrnitost a plastičnost suroviny, bod tavení a slinování, viskozita pyroplastického stavu. Kvalitativní hodnocení suroviny je možné pouze experimentální metodou, nejčastěji expandační zkouškou [11].

Hledaly se závislosti vyplývající z chemického složení, vzájemný poměr jednotlivých komponent nebo se vznik expandace vztahoval k určitým mineralogickým složkám. Riley [12] objevil souvislost mezi viskózním chováním jíilových materiálů a jejich chemickým složením. Vycházel ze zákonitého předpokladu, že pro vznik expandace je nutné vytvořit taveninu vyhovující viskozity a povrchového napětí při teplotách kolem 1 000 °C a za rozhodující považuje chemické složení. Na základě analyzovaných dat sestavil trojúhelníkový diagram (obr. 1) se složkami SiO₂, Al₂O₃ a skupinou oxidů (MgO, CaO, FeO, Fe₂O₃, Na₂O, K₂O) a vyznačil hranice mezi oblastí expandujících a neexpandujících jíílů⁶⁾. Později tyto hranice upravil Wilson.



Obr. 1. Rileyho oblast (1) a Wilsonova oblast (2) vhodné složení expandivních materiálů

Rileyova kritéria jsou ukazatelem pouze informativním a pro řadu jíilových zemin neprůkazným. Každá surovina má charakteristické vlastnosti a musí být zkoumána individuálně vzhledem k optimální expandovatelnosti [6]. Nejvhodnější surovina je taková, u které je možné dosáhnout požadovaného stupně expandace bez nutnosti použití dalších přísad, ať už pro podporu rozpínání, zabránění spékání, nebo jiných důvodů. K rozhodujícím znakům patří chemické složení, mineralogická skladba, zrnitost, kinetika vzniku nových minerálů v žáru, povrchové napětí, teplotní problematika a viskozita taveniny při zahřívání a expandaci. Pokud se týká struktury, má surovina mít buď již od přírody laminární texturu, nebo se taková musí uměle vytvořit, např. jemným semletím a následující granulací nebo sedimentací z kalu. Nejčastěji se používají přísady pro zlepšení expandační schopnosti suroviny, jejichž volba je závislá na složení dané suroviny. Sokolovské cyprisové jííly patří mezi

⁵⁾ Jako první objevil schopnosti některých zemin rozpínat se v žáru Stephen J. Hayden (1908), podle něhož dostal název první expandovaný materiál haydite [16].

⁶⁾ Dobře expandující materiály mu pokryly určitou oblast vymezenou přibližně hranicemi 58–80 % oxid křemičitý, 10–27 % oxid hlinitý, 8–25 % zbytek.

nejlepší expandovatelné suroviny a vysoké rozpínivosti konečného produktu se dosahuje bez jakýchkoliv aditiv.

Tuto vlastnost významně ovlivňuje i úprava suroviny před vstupem do rotační pece. Používají se různé technologie. Suchá úprava je vhodná pro suroviny s nízkou přirozenou vlhkostí a vyšší tvrdostí. Surovina se drtí, suší, mele a na granulacích talířích se za současného dávkování vody a přísad tvaruje do požadovaných granulí. Častější plastická úprava je vhodná u plastických jíílů. Postup je obdobný jako v cihlářské výrobě. Z upravené suroviny se formují pelety na různých typech protlačovacích lisů [11].

Rozhodujícím technologickým procesem je samotný výpal v rotační peci, jehož hlavními parametry jsou teplotní režim a atmosféra v peci. Správný teplotní režim pecní linky se zajišťuje v závislosti na její geometrii různými vestavbami, tahovými poměry, rychlostí otáček apod. Proces výpalu ovlivňuje i kvalita suroviny, v případě sokolovských cyprisových jíílů je důležitý obsah hořlavých látek [4]. Jíily s vysokým obsahem hořlaviny⁷⁾ nejsou pro výrobu vhodné – zahřívají vstupní část pece na příliš vysoké teploty, granulace se v nich rozpadají na vysoký podíl prachu a drobného keramzitu [6].

Vlastnosti Liaporu

Při hodnocení kvality lehkého kameniva se posuzuje především tvar zrna, jeho vnitřní pórovitá struktura a povrch zrna. Tyto faktory ovlivňují podstatně vlastnosti keramzitu. Hlavními parametry jakosti lehkého kameniva jsou hmotnost a pevnost zrna. Objemová hmotnost zrna může být 550 až 1 500 kg/m³, což při mezerovitosti 40 až 45 % představuje sypanou hmotnost od 250 do 800 kg/m³. Specifická hmotnost materiálu je 2 300 až 2 600 kg/m³. Základní sortiment Liaporu [13] a jeho parametry uvádí *tab. 2*.

Nasákavost keramzitu je díky jeho uzavřenému povrchu nízká. Obvykle se zkouší nasákavost po 30 minutách, hodnoty jsou zajímavě zejména pro návrh betonových směsí. Dále se zajišťuje nasákavost po 24 a 48 hodinách, popř. nasákavost dlouhodobá. Převážnou část vody nasákne keramzit již v prvních 15 minutách, k čemuž je třeba přihlídnout při návrhu betonových směsí i postupu míchání. Liapor není hygroskopický a nepřijímá vlhkost ze vzduchu. Přirozená ustálená vlhkost je 0,2 % objemu. Pokud je Liapor umístěn do konstrukce suchý a je chráněn proti přímému přístupu vody, zůstává dokonale suchý. Samotné zrno

Liaporu, zásyp ani výrobky nemají kapilární strukturu, a voda v nich tudíž nevzlíná.

Teplotní roztažnost keramzitu je v rozmezí 4 až 6.10⁻⁶ K⁻¹, tj. zhruba poloviční v porovnání s normálním kamenivem do betonu. To je příčinou i příznivě nízké teplotní roztažnosti lehkých betonů. Vynikající je i jeho odolnost proti vysokým teplotám. Je naprosto stálý až do teploty 1 000 °C, a proto je vhodný pro žárobetony.

Mezi hlavní užitné vlastnosti tohoto kameniva patří tepelně izolační schopnosti. Tepelná vodivost sypaného keramzitu závisí na velikosti zrna, jeho objemové hmotnosti, mezerovitosti, a samozřejmě na jeho vlhkosti. Díky porézní struktuře a keramické podstatě má Liapor vynikající tepelně izolační schopnost (*tab. 2*) při dobrých akumulacích vlastnostech. Zrna jsou téměř kulovitá, mají pevnou slinutou skořápku a rovnoměrné porézní jádro. Tato struktura dává materiálu i při velmi nízké hmotnosti dobrou pevnost. Pevnost zrna závisí dále na objemové hmotnosti a na typu materiálu. Pro aplikaci v konstrukčních betonech se vyrábějí typy s menší rozpínavostí, tj. vyšší objemovou hmotností a pevností zrna (*tab. 2*). Pevnost v tlaku se určuje zkouškou podle ČSN EN 13055-1 [17]. Liapor je nejen mechanicky odolný, ale také chemicky stabilní. Zrno odolává kyselinám i louhům. Ve vodě je stabilní a neutrální, nerozpouští se a neuvolňuje škodlivé výluhy ani plyny.

Nespornou výhodou je, že může být dodáván v dokonale suchém stavu. Ve výrobě se skladuje z části v uzavřených silech a z části na otevřených skládkách. Materiál skladovaný v uzavřených silech má vlhkost do 1 % hm., zatímco materiál skladovaný na otevřených skládkách mění vlhkost v závislosti na počasí od 1 až do 25 % hm. Pro některé aplikace, např. zásypy dřevěných konstrukcí, suché maltové či betonové směsi, je možné použít pouze suchý materiál (tedy se zaručeným obsahem vlhkosti do 1 %).

Využití Liaporu

Základní aplikací je volně sypaný materiál pro výplňové a izolační zásypy a podkladní vrstvy. Velkou skupinu tvoří lehké betony, které se používají pro monolitické vrstvy a konstrukce, pro výrobu dílců nebo tvarovek. Objevují se stále nové možnosti využití, např. substráty pro hydroponické pěstování rostlin, filtrační zásypy, výplně absorpčních zón, vrstvy a prvky spojené jinými pojivy než cementem. Významnou možností pro jeho využití je též oblast geotechniky.

Tab. 2. Sortiment a základní vlastnosti Liaporu

Označení	Frakce [mm]	Sypná hmotnost [kg/m ³]	Tolerance [kg]	Objemová hmotnost zrna [kg/m ³]	Mezerovitost [%]	Pevnost [MPa]	Součinitel tepelné vodivosti <i>l</i> [W.m ⁻¹ K ⁻¹]
8-16/275	8-16	275	±40	550	47	0,7	0,09
8-16/600	8-16	600	±50	1 100	45	4,5	0,14
4-8/350	4-8	350	±35	625	44	1,1	0,1
4-8/450	4-8	450	±45	850	44	2	0,11
4-8/650	4-8	650	±50	1 200	45	7	0,14
4-8/800	4-8	800	±50	1 500	47	10	0,19
1-4/500	0-4	500	±75	875	43	4	0,11
1-4/625	0-4	625	±90	1 050	40	6	0,14
2-4/450	2-4	450	±65	800	44	3	0,11
0-2/575	0-2	575	±85	1 050	43	6	0,12

⁷⁾ V případě, že expandující jííl obsahuje dostatek organických látek, není vhodné pro podporu expanze přidávat další. Zvýšila by se objemová hmotnost zrna a zhoršily další výrobní parametry [14].

Tab. 3. Základní rozdělení aplikací sypaného Liaporu

Skupina aplikací	Příklad
konstrukční konstrukčně izolační	zásypy v dřevěných trámových stropěch, na betonových stropěch, ve stropěch s keramickými stropními deskami, nad klenbami, tepelně izolační zásypy ve střešní konstrukci, podsypy podlah ze sádkokartonových desek, izolační zásypy energovodů, výplně stěnových a stropních dílců dřevostaveb
drenážní	drenážní obsypy objektů, drenážní vrstvy v souvrství pro zelené střechy nebo pro hřiště a travnaté plochy, odvětrávací zásypy pod protiradonovou izolací
geotechnické	odlehčovací zásypy kolem podzemních částí objektů, vrstvy pro založení objektů, komunikací apod.
filtrační	čističky odpadních vod, speciální filtry
pěstební	substráty pro zelené střechy, hřiště a travnaté plochy, pro pěstování potravinářských a okrasných rostlin
dekorační	dekorační zásypy v zahradní architektuře nebo interiérové zeleni
absorpční	absorpční zóny kolem letištních a závodních drah
speciální	výplně konstrukcí apod.

● **Volně sypaný Liapor**, popř. zpevněný pojivem, obvykle cementem, má uplatnění nejen ve stavebnictví. Využívá se pro tepelně izolační zásypy stropů a střech při rekonstrukcích i novostavbách, pro podsyp podlah z konstrukčních desek, výplňové zásypy konstrukcí, tepelně izolační zásypy energovodů, drenážní a výplňové terénní zásypy, dekorační zásypy, náplně filtrů odpadních a užitkových vod, žáruvzdorné výplně, pro drenážní a kořenové vrstvy zelených střech, pro travnaté plochy, pro hydroponické pěstování rostlin (tab. 3).

U sypaných vrstev se využívá nízké hmotnosti keramzitu a jeho výborných tepelně izolačních nebo zvukově izolačních vlastností. Klasickými příklady jsou tepelně izolační násypy nebo spádové vrstvy ve střešních konstrukcích, široké možnosti přináší aplikace násypů ve stropních konstrukcích. U klasických dřevěných stropů lze použitím keramzitového násypu dosáhnout výborných vlastností tepelně i zvukově izolačních při zachování ekologicky čistého prostředí. Výhody sypaného keramzitu se uplatňují také při rekonstrukci a modernizaci staveb. Pevnost sypané vrstvy lze na úkor mírného zvýšení hmotnosti a tepelné vodivosti zvýšit prolitím cementovým mlékem. Jednoduchá realizace a téměř neomezená životnost jsou hlavní přednosti aplikace keramzitu jako zásypové izolace tepelných sítí uložených v betonových kanálech.

● **Lehký beton z keramzitu** [15] je podle našich i evropských norem definován jako beton s objemovou hmotností do 2 000 kg/m³. Lehké betony z Liaporu zaujímají rozsáhlý sortiment materiálů z hlediska mechanických i fyzikálních vlastností. Jejich objemová hmotnost je v rozsahu 500 až 2 000 kg/m³ a pevnost až do 60 MPa. Podle použití rozlišujeme materiály:

- konstrukčně izolační (současně se využívají tepelně izolační i mechanické vlastnosti);
- konstrukční (hlavním požadavkem statické vlastnosti).

Maršák, J. – Buryan, P.: The Use of Claystones of Cypris Strata in the Construction Industry

This article informs on chemical and mineralogical composition of cypris clays, their physical properties and potential exploitation in various building, as well as non-building applications.

Výzkum je prováděn v rámci grantu č. 105/02/0278/A GA ČR.

Literatura

- [1] Šucha, V.: Íly v geologických procesoch. Acta Geologica Universitatis Comenianae. Monografie č. 57, 2001. www.fns.uniba.sk/prifuk/casopisy/geol/
- [2] Kužvart, M.: Ložiska nerudných surovin ČR II (nové poznatky za léta 1975–1990). Praha, Univerzita Karlova 1992.
- [3] Konta, J.: Jíl a člověk: Jílové suroviny ve službách člověka. Praha, Univerzita Karlova, 1994.
- [4] Kužvart, M.: Ložiska nerudných surovin. Praha, Univerzita Karlova 1983.
- [5] www.mineral.cz
- [6] Gvoždík, F.: Keramzit a keramzitový beton 1984: Výroba keramzitu Kevint. Plzeň, 1984, s. 15–27
- [7] Maršák, J. – Buryan, P.: Výzkum složení cyprisových jíllů. Minerální suroviny, 2003, č. 1, s. 24–27.
- [8] Onackij, S. P.: Právodstvo keramzita. Moskva, Strojizdat 1987.
- [9] Drochytka, R.: Lehké stavební látky. Brno, VUT 1993.
- [10] Toth, M. N. – Csaky, I. B.: Role of the Smectite Group in the Bloating Process, Ziegelindustrie International, 42 (1989), pp. 246–250.
- [11] Kuneš, P.: Keramzit a jeho aplikace. Stavební obzor, 2, 1993, č. 4, s. 104–108.
- [12] Riley, C. M.: Relation of Chemical Properties of the Bloating of Clay. Journal of the American Ceramic Society, 34, 1951, No. 4, pp. 121–128.
- [13] Lias Vintřov, k. s.: Liapor – vlastnosti a aplikace. Firemní materiál.
- [14] Maršák, J.: Nепublikovaná data. Praha, 2001.
- [15] Kuneš, P.: Lehké betony z keramzitu, Stavební obzor, 2, 1993, č. 10, s. 297–300.
- [16] www.hpbhaydite.com
- [17] ČSN EN 13055-1 Pórovité kamenivo – Část 1: Pórovité kamenivo pro beton, malty a injektážní malty. ČSN, 2003.

Maršák, J. – Buryan, P.: Nutzung von Tongesteinen der Cypris-Schichtengruppe im Bauwesen

Der Artikel macht den Leser mit der chemischen und mineralogischen Zusammensetzung von Cypristonen, ihren physikalischen Eigenschaften und Möglichkeiten der Nutzung für Anwendungen im Bauwesen und außerhalb des Bauwesens bekannt.

Metody odhadování kvantilů

doc. RNDr. Daniela JARUŠKOVÁ, CSc.
Ing. Anna KUKLÍKOVÁ
ČVUT – Fakulta stavební
Praha

Článek ukazuje, jak je možné zobecnit metody odhadování kvantilů náhodné veličiny Y na případ, kdy je veličina Y závislá na dalších veličinách X_1, \dots, X_p . Použití metod je ilustrováno na několika aplikacích z teorie spolehlivosti konstrukcí a hydrologie.

Pojem kvantilu

Pojem kvantilu má při studiu dat náhodné povahy velký praktický význam. Inženýra navrhujícího konstrukci může zajímat, jaká je hodnota pevnosti materiálu, které nedosahuje pouze 5 % všech vzorků. Hydrologa zase může zajímat „stoletá voda“, která odpovídá průtoku, jenž je maximálním ročním průtokem překročen jen v 1 % případů.

Pokud pro popis náhodného chování veličiny Y použijeme rozdělení se spojitou rostoucí distribuční funkcí $F(\cdot)$, pak snadno definujeme teoretický α -100% kvantil jako hodnotu u_α , která splňuje vztah

$$F(u_\alpha) = \text{pst}(Y < u_\alpha) = \text{pst}(Y \leq u_\alpha) = \alpha$$

nebo pomocí inverzní funkce $F^{-1}(\cdot)$ k distribuční funkci $F(\cdot)$ tak, že

$$F^{-1}(\alpha) = u_\alpha.$$

Díky spojitosti a rostoucímu charakteru funkce $F(\cdot)$, resp. $F^{-1}(\cdot)$, je tato definice jednoznačná. Poznamenejme, že v některých učebnicích či normách se též vyskytuje pojem α -100% dolní kvantil a α -100% horní kvantil. V takovém případě α -100% dolní kvantil odpovídá α -100% kvantilu a α -100% horní kvantil odpovídá $(1 - \alpha)$ -100% kvantilu.

Velmi často se ocitneme v situaci, kdy distribuční funkci $F(\cdot)$ buď vůbec neznáme, nebo ji známe jen částečně, a přejeme si odhadnout α -100% kvantil u_α pomocí naměřených údajů y_1, \dots, y_n . Jestliže známe typ distribuční funkce $F(\cdot)$, ale neznáme hodnoty parametrů, pak nejprve odhadneme neznámé parametry. K odhadu parametrů můžeme například použít metodu maximální věrohodnosti. Nahrazením neznámých parametrů jejich odhady získáme odhad distribuční funkce $\hat{F}(\cdot)$. Odhad \hat{u}_α pak získáme ze vztahu

$$\hat{F}^{-1}(\alpha) = \hat{u}_\alpha,$$

kde $\hat{F}^{-1}(\cdot)$ je inverzní funkce k funkci $\hat{F}(\cdot)$. Jednoduše lze například postupovat, předpokládáme-li, že se náhodná veličina Y řídí normálním rozdělením $N(\mu, \sigma^2)$. Maximálně věrohodným odhadem μ a σ^2 jsou $\hat{\mu} = \bar{y}$ a $\hat{\sigma}^2 = \sum (y_i - \bar{y})^2/n$. Odsud α -100% kvantil odhadneme pomocí $\hat{\mu} + \hat{\sigma} \cdot \Phi^{-1}(\alpha)$, kde funkce $\Phi^{-1}(\cdot)$ je inverzní funkcí k distribuční funkci standardního normálního rozdělení $N(0, 1)$.

Pokud neznáme typ rozdělení náhodné veličiny Y , je lépe použít neparametrický odhad, který se často nazývá výběrový kvantil a vychází z uspořádaného výběru $y_{(1)} \leq y_{(2)} \leq \dots \leq y_{(n)}$. V rámci statistiky však není výběrový kvantil jednoznačně definován. Statistikové se nedohodli, zda má být za α -100% výběrový kvantil považována hodnota, pro kterou

platí, že α -100% dat je menších nebo rovno této hodnotě, nebo hodnota, pro kterou platí, že α -100% dat je menších než tato hodnota. V prvním případě požadavek splňují všechny hodnoty z intervalu $(y_{([n\alpha])}, y_{([n\alpha]+1)})$, ve druhém hodnoty z intervalu $(y_{([n\alpha])}, y_{([n\alpha]+1)})$, kde $[a]$ označuje celou část čísla a . Velmi často se α -100% výběrový kvantil definuje jako $y_{([n\alpha])}$, jestliže $n\alpha$ není celé číslo, resp. jako $(y_{([n\alpha])} + y_{([n\alpha]+1)})/2$, pokud $n\alpha$ je celé číslo. Takto je definován výběrový kvantil např. v [1]. Složitěji, avšak současně lépe, je výběrový kvantil definován jako hodnota

$$y_{(k)} + (n\alpha + 0,5 - k) \cdot (y_{(k+1)} - y_{(k)}),$$

kde $k = [n\alpha + 0,5]$ pro $1 \leq n\alpha + 0,5 < n$;

$$y_{(1)} \text{ pro } n\alpha + 0,5 < 1;$$

$$y_{(n)} \text{ pro } n\alpha + 0,5 \geq n.$$

Tímto způsobem je například počítán α -100% výběrový kvantil příkazem `prctile` v softwaru Matlab. Je patrné, že pro větší rozsah výběru n je rozdíl v jednotlivých definicích v podstatě zanedbatelný.

Z matematického hlediska je za velmi obecných předpokladů popsany parametrický i neparametrický odhad α -100% kvantilu konzistentním odhadem. Znamená to, že pokud budeme zvyšovat počet měření, bude odhad konvergovat ke správné hodnotě kvantilu u_α . V praxi to znamená, že budeme-li zvyšovat počet dat, bude náš odhad konvergovat k α -100% kvantilu základního souboru.

Poznamenejme, že odhad kvantilů je důležitý pro výpočet mezních stavů únosnosti, a proto se s ním setkáváme v mnoha důležitých normách, např. v normě [4]. Parametrickým i neparametrickým odhadem kvantilu se zabývá podrobně norma [5]. Pro menší rozsah výběru doporučuje při parametrickém odhadování kvantilů normálního rozdělení přihlídnout k velikosti výběru n . Pro 5% dolní kvantil a rozsah výběru $n = 100$ to např. znamená, že místo odhadu $\hat{\mu} - 1,6449 \cdot \hat{\sigma}$ doporučuje norma [5] použít odhad $\hat{\mu} - 1,76 \cdot \hat{\sigma}$. V případě, že máme apriorní informaci o rozdělení parametrů μ a σ^2 , nabízí norma [5] použít Bayesovský přístup. Normy [5] i [6] definují 5% výběrový kvantil pevnosti pomocí $y_{([0,05 \cdot n]+1)}$. Tato hodnota samozřejmě poněkud nadhodnocuje 5% kvantil základního souboru. Pro zvýšení spolehlivosti konstrukce je lepší, když odhad spíše podcení než přecení hodnotu kvantilu základního souboru. Z tohoto důvodu ukládá norma [6] vynásobit $y_{([0,05 \cdot n]+1)}$ určitým součinitelem menším než jedna. Pro $n = 40$ je tento součinitel roven přibližně 0,79, pro $n = 130$ asi 0,88. Norma [6] neříká, zda hodnoty součinitele byly odvozeny ze zkušenosti, či ze statistických úvah týkajících se přibližného rozdělení pevnosti dřeva. Zabývá se i problémem, jak odhadnout 5% kvantil mechanických vlastností a hustoty dřeva pro případ, že základní soubor je složen z několika souborů s různou četností výskytu.

Regresní kvantily

Veličina Y , jejíž chování nás zajímá, může být ovlivňována jinou náhodnou veličinou X . Pokud můžeme závislost

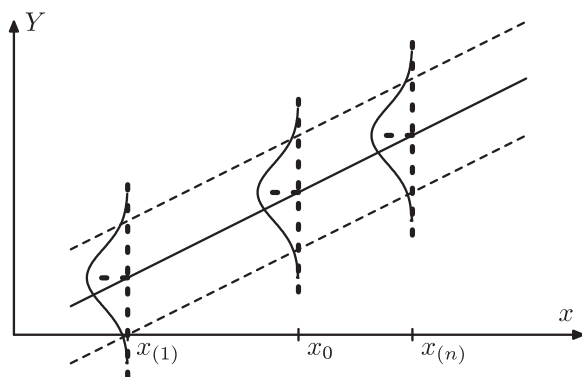
mezi vysvětlující (jinak též nezávislou) veličinou X a vysvětlovanou (závislou) veličinou Y považovat za lineární, modelujeme tuto závislost často pomocí vztahu

$$Y = a + bX + e,$$

kde náhodná veličina e zahrnuje všechny vlivy, které způsobují, že proměnná Y může nabývat rozdílné hodnoty i v případě, že veličina X nabývá stejné hodnoty x . Pokud jsme při opakování pokusu získali hodnoty vysvětlující proměnné $\{x_1, \dots, x_n\}$, můžeme použít model jednoduché lineární regrese

$$Y_i = a + bx_i + e_i, \quad i = 1, \dots, n,$$

kde $\{e_i\}$ jsou nezávislé, stejně rozdělené náhodné veličiny s distribuční funkcí $F(\cdot)$ s nulovou střední hodnotou. Naší úlohou je opět odhadnout $\alpha \cdot 100\%$ kvantil veličiny Y , jestliže vysvětlující proměnná X nabývá hodnoty x_0 . Předpokládáme-li, že hodnotu závisle proměnné Y_0 lze vyjádřit jako $Y_0 = a + bx_0 + e_0$, kde e_0 se řídí stejným rozdělením jako veličiny $\{e_i\}$, tedy rozdělením s distribuční funkcí $F(\cdot)$, pak $\alpha \cdot 100\%$ kvantil, který chceme odhadnout, je roven $a + bx_0 + F^{-1}(\alpha)$.



Obr. 1. Uvažovaný model

Známe-li typ distribuční funkce $F(\cdot)$, můžeme opět použít parametrický přístup. Nejprve odhadneme parametry distribuční funkce $F(\cdot)$ společně s neznámými parametry a a b . K odhadu můžeme opět použít metodu maximální věrohodnosti. Dosazením odhadnutých parametrů získáme odhad distribuční funkce $\hat{F}(\cdot)$ i její inverze $\hat{F}^{-1}(\cdot)$. Parametrický odhad $\alpha \cdot 100\%$ kvantilu má při $X = x_0$ tvar $\hat{a} + \hat{b}x_0 + \hat{F}^{-1}(\alpha)$. Nejjednodušší případ nastává, mají-li veličiny $\{e_i\}$ normální rozdělení $N(0, \sigma^2)$. V takovém případě odhadneme parametry a a b metodou nejmenších čtverců a parametr σ^2 reziduálním rozptylem, to znamená $\hat{\sigma}^2 = \sum r_i^2 / n$, kde $r_i = Y_i - \hat{a} - \hat{b}x_i$. Odhad $\alpha \cdot 100\%$ kvantilu veličiny Y , jestliže $X = x_0$, je roven $\hat{a} + \hat{b}x_0 + \hat{\sigma} \Phi^{-1}(\alpha)$.

Zopakováním uvedeného postupu pro všechny hodnoty x veličiny X získáme „kvantilovou přímkou“ $y(x) = \hat{a} + \hat{b}x + \hat{\sigma} \Phi^{-1}(\alpha)$. V případě normálně rozdělených $\{e_i\}$ je „kvantilová přímkou“ $y(x) = \hat{a} + \hat{b}x + \hat{\sigma} \Phi^{-1}(\alpha)$ rovnoběžná s přímkou získanou metodou nejmenších čtverců $y(x) = \hat{a} + \hat{b}x$.

Statistiky dlouho trápila otázka, jak počítat kvantily v případě, že typ distribuční funkce $F(\cdot)$ neznáme. Tento problém úspěšně vyřešili Koenker a Bassett [2]. Vycházeli přitom z myšlenky, že v jednovýběrovém souboru $\alpha \cdot 100\%$ kvantil minimalizuje funkci

$$f(c) = \alpha \sum_{i=1}^n (y_i - c)_+ + (1 - \alpha) \sum_{i=1}^n (y_i - c)_-,$$

kde bylo zavedeno označení $a_+ = \max(a, 0)$ a $a_- = -\min(a, 0)$.

Analogicky byla pak „regresní kvantilová přímkou“ $y(x) = c_\alpha + d_\alpha x$ definována jako přímkou, jejíž posunutí c_α a směrnice d_α jsou takové hodnoty c a d , které minimalizují výraz

$$\alpha \sum_{i=1}^n r_i^+ + (1 - \alpha) \sum_{i=1}^n r_i^-$$

za podmínky $r_i^+ \geq 0$, $r_i^- \geq 0$, $r_i^+ - r_i^- = Y_i - c - d \cdot x_i$.

Regresní kvantilová přímkou $y(x) = c_\alpha + d_\alpha x$ (počítaná z dat) není obecně rovnoběžná s přímkou, kterou získáme metodou nejmenších čtverců. Naopak vždy platí, že prochází aspoň dvěma body, přičemž pod ní nebo na ní leží $\alpha \cdot 100\%$ dat.

Za velmi obecných předpokladů je hodnota regresní kvantilové funkce v bodě x_0 , to je $c_\alpha + d_\alpha \cdot x_0$, konzistentním odhadem $\alpha \cdot 100\%$ kvantilu $a + b \cdot x_0 + F^{-1}(\alpha)$.

K rozšíření „regresní kvantilové přímkou“ v aplikacích velmi přispělo, že se uvedená optimalizační úloha dá dnes velmi rychle řešit pomocí metod lineárního programování; v rámci softwaru Matlab (toolbox Optimization) např. pomocí příkazu `linprog`. Příslušné makro může například vypadat následovně:

```
% INPUT
% x      hodnoty nezávisle promenne
% y      hodnoty závisle promenne
% alpha  pst, pro kterou chceme kvantil
%        pocitat
% OUTPUT
% c,d    parametry kvantilove regresni
% primky
%
function [c,d] = regrqv(x,y,alpha)
n = length(x);
nn = 2*n+4;
X = [ones(n,1) x];
A = [X -X eye(n) -eye(n)];
f = [zeros(1,4) alpha*ones(1,n) ...
(1-alpha)*ones(1,n)'];
vys = linprog(f,[ ],[ ], ...
A,y,zeros(nn,1),[ ]);
c = vys(1,1) - vys(3,1);
d = vys(2,1) - vys(4,1);
```

Obě uvedené metody se dají zobecnit pro model lineární regrese s více vysvětlujícími proměnnými X_1, \dots, X_p a závislou proměnnou Y . Pokud při i -tém opakování měření ($i = 1, \dots, n$) vysvětlující proměnné (X_1, \dots, X_p) nabyly hodnot (x_{i1}, \dots, x_{ip}), budeme uvažovat model

$$Y_i = b_0 + b_1 \cdot x_{i1} + \dots + b_p \cdot x_{ip} + e_i, \quad i = 1, \dots, n.$$

Úlohou je odhadnout $\alpha \cdot 100\%$ kvantil veličiny Y , jestliže veličina X_1 nabyla hodnoty x_{01} , veličina X_2 hodnoty x_{02} atd., až veličina X_p nabyla hodnoty x_{0p} . Jsou-li $\{e_i\}$ nezávislé stejně normálně rozdělené náhodné veličiny, tj. $e_i \sim N(0, \sigma^2)$, a má-li při zjištěných hodnotách $X_1 = x_{01}, \dots, X_p = x_{0p}$ veličina Y normální rozdělení $N(b_0 + b_1 \cdot x_{01} + \dots + b_p \cdot x_{0p}, \sigma^2)$, můžeme k odhadu $\alpha \cdot 100\%$ kvantilu tohoto rozdělení použít $\hat{b}_0 + \hat{b}_1 \cdot x_{01} + \dots + \hat{b}_p \cdot x_{0p} + \hat{\sigma} \Phi^{-1}(\alpha)$, kde $\hat{b}_0, \dots, \hat{b}_p$ jsou odhady b_0, \dots, b_p vypočtené metodou nejmenších čtverců a $\hat{\sigma}^2 = \sum r_i^2 / n$, kde $r_i = Y_i - \hat{b}_0 - \hat{b}_1 \cdot x_{i1} - \dots - \hat{b}_p \cdot x_{ip}$.

Pokud rozdělení $\{e_i\}$ neznáme, můžeme opět použít metodu regresní kvantilové funkce. Označme X matici plá-

nu experimentu, tj.

$$X = \begin{pmatrix} 1 & \dots & x_{1p} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & \dots & x_{np} \end{pmatrix}.$$

Makro k výpočtu koeficientů regresní kvantilové funkce $y(x) = \beta_0 + \beta_1 \cdot x_1 + \dots + \beta_p \cdot x_p$ vypadá například následovně:

```
% INPUT
% X      matice planu experimentu
%       o rozměrech n a r=p+1
% y      hodnoty závisle promenne
% alpha  pst, pro kterou chceme kvantil
%       pocitát
% OUTPUT
% beta   parametry kvantilove regresni
%       funkce
%
function beta = regrmvqv(X,y,alpha)
[n,r] = size(X);
r2    = 2*r;
rp1   = r+1;
nn    = 2*(n+r);
A     = [X -X eye(n) -eye(n)];
f     = [zeros(1,r2) alpha*ones(1,n) ...
        (1-alpha)*ones(1,n) ]';
vys   = linprog(f, [], [], ...
               A,y,zeros(nn,1), []);
beta  = vys(1:r,1) - vys(rp1:r2,1);
```

Při napozorovaných hodnotách $X_1 = x_{01}, \dots, X_p = x_{0p}$ pak odhadneme α -100% kvantil veličiny Y pomocí $\beta_0 + \beta_1 \cdot x_{01} + \dots + \beta_p \cdot x_{0p}$.

Příklad 1

Při zjišťování pevnosti dřevěných trámů, viz [3], byla změřena pevnost 128 trámů, čímž byly získány hodnoty y_1, \dots, y_{128} [MPa] společně s odpovídající hustotou dřeva x_1, \dots, x_{128} [kg/m³]. Úlohou je parametricky i neparametricky odhadnout 5% kvantil pevnosti základního souboru.

Budeme-li předpokládat, že pevnost trámu je náhodná veličina řídící se normálním rozdělením $N(\mu, \sigma^2)$, můžeme odhadnout $\hat{\mu} = \bar{y} = 50,32$ MPa, $\hat{\sigma} = \sigma_n = 10,46$ MPa, a 5% kvantil pak parametricky hodnotou $\hat{\mu} - 1,6449 \cdot \hat{\sigma} = 33,11$ MPa. Použijeme-li způsob podle normy [5], pak odhadneme 5% kvantil hodnotou $\hat{\mu} - 1,76 \cdot \hat{\sigma} = 31,91$ MPa.

Přejdeme nyní k neparametrickému odhadu. Uveďme sedm nejmenších naměřených hodnot pevnosti [MPa]: 24,33; 27,32; 28,23; 28,45; 31,23; 32,24; 32,44. Použijeme-li zjednodušenou metodu, pak je 5% výběrový kvantil roven $y_{(6)} = 32,24$ MPa vzhledem k tomu, že $[128 \cdot 0,05] = 6$. Příkazem v Matlabu, který používá složitější metodu, získáme hodnotu $\text{prctile}(y, 5) = 32,42$ MPa. Povšimněme si, že parametrický i neparametrický odhad dává velmi blízké hodnoty. Poznamenejme ještě, že norma [6] by odhadla 5% kvantil hodnotou $32,44 \cdot 0,88 = 27,55$ MPa.

Dále předpokládejme, že chceme najít 5% kvantil pevnosti trámů s hustotou dřeva rovnou hodnotě x_0 . Za předpokladu, že rozdělení pevnosti trámu při dané hustotě x_0 je normální $N(a + bx_0, \sigma^2)$, odhadneme nejprve metodou nejmenších čtverců parametry regresní přímky $\hat{a} = -22,4$, $\hat{b} = 0,1567$, a poté směrodatnou odchylku σ pomocí odmocniny z reziduálního rozptylu, tj. pomocí $\hat{\sigma} = 8,2824$. Odhad

5% kvantilu pevnosti trámů s hustotou dřeva x se rovná

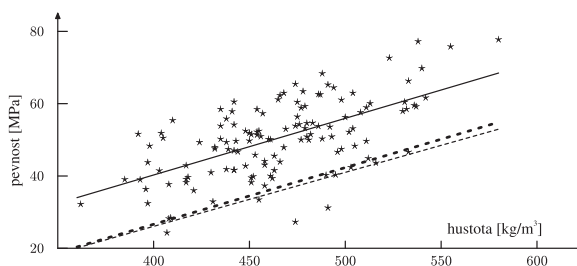
$$y(x) = -22,4 + 0,1567 \cdot x - 1,6449 \cdot 8,2824 = -36,02 + 0,1567 \cdot x.$$

Jako příklad uveďme, že odhad 5% kvantilu pevnosti trámů s hustotou dřeva $x_0 = 500$ kg/m³ je roven 41,5 MPa.

Pro porovnání spočtěme také 5% regresní kvantilovou funkci. Použitím již uvedeného makra z Matlabu získáme přímkou

$$y(x) = -29,88 + 0,1428 \cdot x.$$

Z tohoto vztahu lze například odhadnout 5% kvantil pevnosti trámu s hustotou 500 kg/m³ hodnotou 42,3 MPa. Obrázek 2 ukazuje data společně s odhady 5% kvantilů. Opět si můžeme povšimnout velmi dobré shody, která je především způsobena „normalitou“ dat.



Obr. 2. Dřevěné trámy – data, regresní přímka získaná metodou nejmenších čtverců (pevná čára), odhad 5% kvantilové přímky za předpokladu normality (tečkovaná čára) a bez předpokladu normality (čárkovaná čára)

Příklad 2

Obrázek 3 ukazuje závislost ročních průměrných průtoků [m³/s] řeky Otavy na úhrnu srážek [mm] v povodí této řeky po dobu 60 let. Odhadneme-li metodou nejmenších čtverců parametry a a b v lineárním regresním modelu

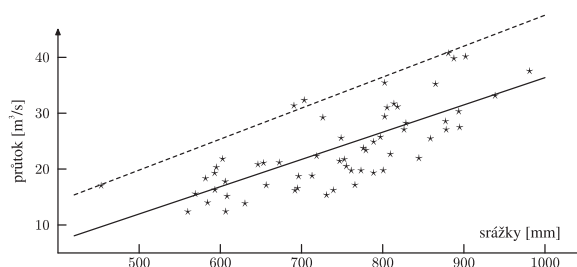
$$Y_i = a + bx_i + e_i, \quad i = 1, \dots, 60,$$

získáme odhad regresní přímky ve tvaru

$$y(x) = -12,435 + 0,0488 \text{ 01} \cdot x.$$

Z jejího zobrazení je patrné, že rozdělení veličiny Y , jestliže veličina X nabývá hodnoty x , je výrazně kladně šikmý. Na druhé straně se zdá, že model, který předpokládá, že se rozdělení Y při různých hodnotách x liší pouze posunutím o $a + bx$, není nerealistický.

Předpokládejme, že nás například zajímá 5% horní kvantil (95% kvantil) průměrných ročních průtoků v roce, kdy roční úhrn srážek X byl roven x_0 . V této situaci je snadnější použít druhý přístup, který nepředpokládá, že známe typ distribuční funkce $F(\cdot)$. Určit typ rozdělení zde může být totiž dost obtížné.



Obr. 3. Otava – data, regresní přímka získaná metodou nejmenších čtverců (pevná čára) a odhad 95% kvantilové přímky (čárkovaná čára)

Obrázek 3 ukazuje 95% regresní kvantilovou přímku, která má rovnici

$$y(x) = -7,8869 + 0,055419 \cdot x.$$

Uvažujeme-li například jen roky, kdy úhrn srážek činí 800 mm, pak odhadujeme, že v 5 % takových let bude průměrný roční průtok vyšší než 36,45 m³/s.

Příklad 3

Vraťme se ještě k příkladu 1. Předpokládejme, že kromě hustoty dřeva zjišťujeme pro každý trám ještě „sukovitost“, která odpovídá množství suků ve dřevě. Lze očekávat, že čím bude sukovitost větší, tím bude pevnost trámu menší. Předpokládejme opět, že vztah mezi pevností trámu Y , hustotou dřeva X_1 a sukovitostí X_2 je následující

$$Y = a + b \cdot X_2 + cX_2 + e,$$

kde e je náhodná veličina. Za předpokladu, že rozdělení pevnosti trámu při dané hustotě dřeva x_{01} a sukovitosti x_{02} je normální $N(a + b \cdot x_{01} + c \cdot x_{02}, \sigma^2)$, odhadneme metodou nejmenších čtverců parametry regresní funkce $\hat{a} = 7,28329$, $\hat{b} = 0,147474$, $\hat{c} = -45,3944$ a směrodatnou odchylku σ pomocí odmocniny z reziduálního rozptylu $\hat{\sigma} = 7,4555$. Odhad 5% kvantilu pevnosti trámů s hustotou dřeva x_1 a sukovitostí x_2 se rovná

$$\begin{aligned} y(x_1, x_2) &= -7,28329 + 0,147474 \cdot x_1 - 45,3944 \cdot x_2 - \\ &\quad - 1,6449 \cdot 7,4555 = \\ &= -19,5468 + 0,147474 \cdot x_1 - 45,3944 \cdot x_2. \end{aligned}$$

Jako příklad uveďme, že odhad 5% kvantilu pevnosti trámů s hustotou dřeva $x_1 = 500 \text{ kg/m}^3$ a sukovitostí $x_2 = 0,04$ je roven 52,37 MPa, zatímco stejný odhad při hustotě dřeva $x_1 = 500 \text{ kg/m}^3$ a sukovitosti $x_2 = 0,55$ je roven 29,22 MPa. Pro porovnání opět spočítáme 5% regresní kvantilovou funkci

$$y(x_1, x_2) = -28,1257 + 0,1692857 \cdot x_1 - 45,1429 \cdot x_2.$$

Odsud odhadneme, že 5% kvantil pevnosti trámů s hustotou dřeva $x_1 = 500 \text{ kg/m}^3$ a sukovitostí $x_2 = 0,04$ je roven 54,71 MPa, zatímco 5% kvantil pevnosti trámů s hustotou dřeva $x_1 = 500 \text{ kg/m}^3$ a sukovitostí $x_2 = 0,55$ je roven 31,69 MPa. Opět si povšimneme velmi dobré shody odhadů pořízených dvěma odlišnými metodami.

Závěr

Uvedené příklady ukazují, že pokud mezi závislou proměnnou a nezávislými proměnnými existuje vztah, který lze popsat lineární regresí, informace o hodnotách nezávisle proměnných výrazně ovlivňují odhad kvantilů závisle proměnné. Popsané metody dávají návod, jak odhadovat regresní kvantily na základě naměřených dat.

Příspěvek vznikl v rámci záměru MSM 210000001.

Literatura

- [1] Jarušková, D.: Pravděpodobnost a matematická statistika 12. ČVUT Praha, 2002.
- [2] Koenker, R. – Bassett, G.: Regression Quantiles, *Econometrica* 46, 1978, 33–50.
- [3] Kuklík, P. – Dolejš, J.: Nondestructive Evaluation of Structural Timber. In: 5th world conference on timber engineering, Montreux, 1998, 692–699.
- [4] ISO 12491 Statistical Methods for Quality Control of Building Materials and Components. Geneva, 1997.
- [5] Eurocode – Basis of Structural Design 1990, CEN, April 2002.
- [6] ČSN EN 384 Konstrukční dřevo – Zjišťování charakteristických hodnot mechanických vlastností a hustoty. ČSN, 1996.

Jarušková, D. – Kuklíková, A.: Methods for Quantiles Estimation

This paper shows how to generalize methods for quantiles estimation of random variable Y for the case when variable Y is dependent on some other variables X_1, \dots, X_p . The suggested methods are applied to several examples concerning reliability of constructions and hydrology.

Jarušková, D. – Kuklíková, A.: Verfahren zur Schätzung von Quantilen

Der Beitrag zeigt, wie die Verfahren zur Schätzung der Quantilen der Zufallsvariablen Y für den Fall verallgemeinert werden können, wenn die Variable Y von weiteren Variablen X_1, \dots, X_p abhängig ist. Die Anwendung der Verfahren werden an einigen Anwendungen aus der Zuverlässigkeitstheorie bei Konstruktionen und der Hydrologie illustriert.

• dizertace



Podpora manažerských rozhodnutí hodnotovým inženýrstvím

Ing. František Šperl

Práce je studií nástrojů podpory manažerského rozhodování s přihlédnutím ke specifice stavebních podniků. Upozorňuje na potřebu zpřístupnění a pořízení dat v reálném čase pro specifické rozhodovací úlohy v různých funkčních postavebních. Jmenovitě se zabývá využitím hodnotové analýzy při rozhodování v úlohách nabídkového, rozpočtového a kalkulačního charakteru.

Virtuální systém v podmínkách organizačních soustav

Ing. Miroslav Kunt

Dizertace se zabývá teorií virtuálních soustav se dvěma základními atributy. Prvním je dočasné uskupení prvků, resp. subsystémů, které se po splnění úkolu rozpadá, druhým zjištění, že jednotlivé prvky mohou plnit alternativní funkce. Přínosem práce je rozvinutí atributů v abstraktní rovině za použití nástrojů systémové analýzy. Součástí práce jsou i dvě praktické aplikace v podniku Škoda Holding.

Analýza rizik při řízení výstavbových projektů – RiskControl

Ing. Petr CHMEL
ČVUT – Fakulta stavební
Praha

Riziko je přirozenou součástí projektu. RiskControl je program, který pracuje na bázi fuzzy logické analýzy rizik s následnou simulací Monte Carlo. Umožňuje pravděpodobnostně vyhodnocovat průběh výstavbového projektu od doby trvání nebo velikosti nákladů u jednotlivé činnosti i celého výstavbového projektu.

Projekt je organizované plnění jednorázového úkolu využívající lidské a materiální zdroje k dosažení stanoveného cíle. Projekty mají trojrozměrný cíl, což znamená současně splnění požadavků na věcné provedení, časový plán a rozpočtové náklady [3]. Řídit projekty znamená řídit lidi, aby byly využity dostupné materiální zdroje. Projektové řízení se stává užitečným při zvládání změn v nejrůznějších oblastech lidské činnosti [2].

Analýza rizik

Riziko je přirozenou součástí projektu. Je nutno je rozpoznat, snížit na možnou nebo únosnou míru a zbývající riziko zvládnout [7]. Zjišťování rizik projektu obsahuje procesy, které se vztahují k jejich stanovení a analyzování i reagování na ně. Dále zahrnuje maximalizaci výsledků příznivých a minimalizaci následků nepříznivých událostí. Rozlišujeme stanovení rizik, hodnocení rizik, tvorbu protirizikových opatření a jejich operativní řízení [11]. Stanovení rizik spočívá v určení, jaká nebezpečí mohou proces ovlivnit, přičemž lze postupovat od příčin k následkům, či obráceně. Výsledkem je kromě jiného pravděpodobnost, že dojde k rizikové události a rozsah možných následků či dopadů. Cílem vyhodnocení rizik a jejich vazeb je posouzení možných výsledků projektu. Tvorba protirizikových opatření definuje postupy k využití příležitostí a odezvy na hrozby. Reakcí na hrozbu může být její předcházení, zmírňování nebo přijetí. Rezervu lze chápat jako protíváhu rizika. Operativní řízení realizuje plány protirizikových opatření s cílem reagovat na rizikové události během projektu.

V průběhu vyhodnocování rizik musíme věnovat pozornost nebezpečí souvisejícím:

- s výsledkem projektu (stavba, letoun, jaderná elektrárna apod.),
- s managementem projektu (termíny, náklady, zdroje apod.) [10].

Pro podporu kvalitní realizace procesu slouží řada metod, které usnadňují projektovým týmům činnost [9]. Zvládání projektového řízení napomáhá řada softwarových nástrojů, např. Microsoft Project, Primavera, IDEALOG, CONTEC, PowerProject, Process Continuum, SureTrak Project Manager. Tyto programy pracují vesměs na principech analýzy síťového grafu, zahrnují metody CPM, PERT, umožňují vy-

rovnávání zdrojů, někdy obsahují tzv. integrované riziko spojené s některým ukazatelem finanční úspěšnosti projektu [5]. Vyspělejší nástroje pro řízení rizik pracují převážně na základě simulací metodou Monte Carlo. Jejich rozšíření však není tak početné. Jmenujme alespoň @RISK, Crystal Ball [1].

Expertní systémy

Při analýze rizik se zpočátku setkáváme s mnoha neurčitými informacemi, které chceme vyhodnotit a následně ty podstatné zapracovat do plánu projektu. Jako první se o to pokusila statistika a teorie pravděpodobnosti. Zavedení pojmu pravděpodobnosti umožnilo zkoumat a matematicky popsat jevy, jejichž výskyt je nejistý. Další způsob, jak se vypořádat s neurčitostí, bylo použití vícehodnotové logiky. Kromě zavedených pravdivostních hodnot 0 – nepravda a 1 – pravda se pracovalo nejprve s 1 – nevím. Později pracovala vícehodnotová logika s libovolným počtem hodnot z intervalu 0 až 1. Z vícehodnotové logiky se vyvinula **fuzzy logika**. Vyhodnocování informací a logické odvozování nových faktů je doménou expertních systémů.

Expertní systém je druh aplikačního programu, který rozhoduje nebo řeší problémy ve specializovaných oblastech s použitím poznatků a analytických pravidel definovaných experty určité oblasti. Báze poznatků obsahuje informace, které jsou důležité pro oblast, jíž je znalostní systém určen. Poznatky a heuristiky (nealgoritmické postupy vedoucí většinou ke správnému řešení dané úlohy) jsou převzaty od specialistů kompetentních k řešení problémů v dané oblasti. **Inferenční mechanismus** je soustava spolupracujících algoritmů, které zajišťují činnost znalostního systému. Na úrovni symbolických výpočtů se napodobuje schopnost specialisty uvažovat. Nejpoužívanější třídou znalostních systémů jsou **pravidlové systémy**. Použití pravidel se zakládá na logickém principu pro odvozování: když fakt A je pravdivý a platí pravidlo, pak fakt B je odvozen jako pravdivý [6].

Fuzzy expertní systém se skládá z kolekce funkcí příslušností a z **fuzzy pravidel**. Funkce příslušnosti nabývá pro každý prvek množiny hodnoty z uzavřeného intervalu 0 až 1. Všechny prvky, pro které je hodnota funkce příslušnosti do množiny rovna jedné, budeme považovat za prvky množiny. Fuzzy pravidla slouží k **fuzzy usuzování** neboli **inferenci o příslušných datech**, tedy faktech o realitě. Základní operace fuzzy expertního systému tvoří fuzzifikace, inference, agregace a defuzzifikace. **Fuzzifikací** se převádějí vstupní data zatížená neurčitostí na fuzzy množiny charakterizované konkrétními funkcemi příslušnosti. Pomocí **inference** jsou odvozovány důsledky v podobě fuzzy množin, které jsou charakterizovány odpovídajícími funkcemi příslušnosti. **Agregací** dochází ke skládání několika fuzzy množin důsledků aktivovaných pravidel pro zkoumanou vstupní veličinu. **Defuzzifikace** je transformace agregované plochy fuzzy množiny na jedinou hodnotu, kterou je možno použít pro další rozhodování.

RiskControl

Fuzzy logika poskytuje ohromné možnosti využití právě v oblasti stanovení a ohodnocení rizik. Konkretizací a určitým zúžením problematiky vznikl program, který jsem pojmenoval **RiskControl**. Spočívá ve fuzzy analýze rizik, jejíž výsledky se promítají do simulací metodou Monte Carlo v rámci síťového grafu výstavbového projektu s následným vyhodnocením finančních ukazatelů úspěšnosti projektu. Princip činnosti programu si vysvětlíme na příkladu výstavby polyfunkčního centra.

Síťová analýza začíná sestavením přehledu disponibilních zdrojů. Projekt výstavby polyfunkčního centra je rozčleněn na menší celky, fáze, úkoly a činnosti. Tyto činnosti spolu nesouvisí pouze hierarchicky v rámci stromové struktury, ale jsou navázány v logickém sledu. Pro jednotlivé činnosti určujeme jejich předpokládanou dobu trvání, zdroje, které je třeba vynaložit na vykonání dané činnosti. Na základě hodinové sazby a denního časového fondu se počítají denní náklady spojené s nasazením zdrojů. Další typ nákladů, např. na materiál, je pevně spojen s danou činností. Po stanovení začátku celého projektu dojde prostřednictvím definovaných vazeb a doby trvání k určení termínu zahájení a termínu dokončení pro všechny činnosti [12].

Jednotlivé činnosti mohou být ohrožovány celou řadou nebezpečí a hrozeb. Tato nebezpečí se mohou reálně vyskytovat s různou pravděpodobností [14]. Výskyt rizikové události může mít na danou činnost různý vliv, který spočívá v překročení plánovaných nákladů či v prodloužení doby trvání. Pro analýzu rizik jsou největším úskalím nebezpečí s vysokou pravděpodobností výskytu, která výrazně ovlivní průběh dané činnosti [4]. Z pravděpodobnosti výskytu nebezpečí a z jeho dopadu se odvozuje velikost rizika, které je s tímto nebezpečím spojeno. Zároveň může být velmi nesnadné až už pravděpodobnost výskytu, nebo dopad na danou činnost, exaktně vyjádřit. K formulaci neurčitých výroků se nabízí zavedení **fuzzy proměnných** [13].

V rámci programu RiskControl byla definována devítistupňová škála pravděpodobnosti výskytu nebezpečí a šestistupňová škála pro uvažovaný vliv nebezpečí na činnost. Velikost rizika definují inferenční pravidla v závislosti na pravděpodobnosti výskytu nebezpečí a jeho možném vlivu na činnost. Pro velikost rizika je opět definována devítistupňová škála. Takto jsme definovali strukturu fuzzy proměnných a **fuzzy relací**, se kterými pracuje expertní systém.

Do systému nyní postupně vkládáme pravděpodobnost výskytu jednotlivých nebezpečí a jejich vliv na vybranou činnost. Systém odvozuje velikost rizika, které je porovnáváno s limitním rizikem dané činnosti. Rizika větší než limitní se promítají do frekvenční funkce příslušné činnosti.

V oblasti analýzy rizik se setkáváme s náhodnými jevy a procesy, jejichž matematické modely bývají často komplikované. Proto často provádíme s modelem síťového grafu experimenty, které jsou založeny na náhodě. Jejich výsledky pak statisticky vyhodnocujeme. Doby trvání dané činnosti nebo velikost nákladů potřebných k její realizaci uvažujeme dále jako náhodnou veličinu. Funkci hustoty neboli frekvence už máme připravenou na základě analýzy rizik a agregací získáváme distribuční funkci. Metodou inverzní transformace generujeme jednotlivé experimenty se shodným rozdělením jako měla původní frekvenční funkce [8]. Následuje opakovaný přepočítání síťového grafu. Roční kumulativní výkaz cash flow dává nahlédnout jednak na finanční bilanci v jednotlivých letech a jednak na návratnost celého projektu. Další analýzou se dostáváme k vnitřnímu výnos-

vému procentu či k čisté současné hodnotě. Tento postup se opakuje, a zároveň se zjišťuje citlivost modelu síťového grafu na počet simulačních kroků. Na závěr se provádí statistické vyhodnocení klíčových charakteristik a ukazatelů výstavbového projektu.

Závěr

V oboru stavebnictví byla vypracována dosud nepublikovaná teorie pro stanovení a ohodnocení rizik, nazvaná RiskControl. Relevance nové teorie byla ověřena rozбором výstupů a jejich porovnáním s dosud používanými metodami. Analýza silných a slabých stránek dané metodiky vedla ke stanovení optimální oblasti použití pro výstavbové projekty. Fuzzy logická analýza rizik s následnou simulací Monte Carlo skýtá komplexní přístup i pro nejsložitější typy projektů. Zároveň umožňuje zvládnout náročné případy zatížené velkou nejistotou v oblasti analýzy rizik. Vestavěný rozhodovací aparát, pracující na principech fuzzy logiky, umožňuje diferencovaný přístup ke stanovení a hodnocení rizik u jednotlivých typů činností výstavbového projektu.

Literatura

- [1] Adamec, F.: MS Project – řízení projektů. Praha, Grada Publishing 1997.
- [2] Grey, S.: Practical Risk Assessment for Project Management. Amherst, HRD Press 1992.
- [3] Hačková, L.: Projektové řízení veřejných zakázek. Stavební obzor, 2000/1.
- [4] Hájek, V.: Management rizika stavebního podnikání, Stavební obzor, 1993/6.
- [5] Jarský, Č.: Automatizovaná příprava a řízení realizace staveb. Kralupy n. Vltavou, Jarský-CONTEC 2000.
- [6] Kelemen, J. – Kubík, A. – Lenharčík, I. – Mikulecký, P.: Tvorba expertních systémů v prostředí CLIPS. Praha, Grada Publishing 1999.
- [7] Kliem, R. – Ludin, I. – Robertson, K.: Project Management Methodology, A Practical Guide for the Next Millennium. New York-Basel-Hongkong, Marcel Dekker, Inc. 1996.
- [8] Klvaňa, J.: Modelování 20, Operační výzkum 2. Vydavatelství ČVUT, Praha 1999.
- [9] Lacko, B.: Aplikace metody RIPRAN v softwarovém inženýrství. [Sborník], konference „Tvorba software“, VŠB Ostrava, 2001.
- [10] Management jakosti – směrnice jakosti v managementu projektu. Praha, ČSN 1998.
- [11] Project Management – Body of Knowledge (PMI). Praha, Team Technologies 1996.
- [12] Projektmanagement – Fachmann, Band 1, 2, Rationalisierungskuratorium der Deutschen Wirtschaft e. V. Eschborn 1996.
- [13] Štěpánek, M.: A Contribution to the Fuzzy Approach in the Risk Management: Zpravodaj Společnosti pro projektové řízení, 3/1999.
- [14] Tichý, M.: Rizikové inženýrství 1 - Riziko a jeho odhad. Stavební obzor, 1994/9.



Chmel, P.: Risk Analysis in Construction Projects Management – RiskControl

Risk is an integral component of any building project. RiskControl is a program which works with fuzzy sets and Monte Carlo consequential simulation. RiskControl enables probability evaluation of building project development in dependence on negative phenomena. RiskControl facilitates monitoring of a building project, including the duration and cost of any activity, and even the internal rate of return of the whole project.

Chmel, P.: Risikoanalyse bei der Leitung von Bauprojekten

Risiken sind natürliche Bestandteile eines Bauprojekts. RiskControl ist ein Programm, das auf der Basis von fuzzy Sets mit nachfolgender Monte-Carlo-Simulation arbeitet. RiskControl ermöglicht, den Verlauf eines Bauprojekts vom Gesichtspunkt der Wahrscheinlichkeit angefangen von der Zeitdauer oder der Bestimmung der Größe der Aufwände für die einzelnen Leistungen bis zu ihrer Amortisierung zu bewerten.

● recenze

Meister, J.

Nachweispraxis Biegeknicken und Biegedrillknicken

Einführung. Bemessungshilfen.

42 Beispiele für Studium und Praxis

Ernst & Sohn, A. Wiley Company, 2002, 1. vydanie, 420 strán, mäkký obal, 55 EUR

Ide o veľmi užitočnú knihu, v ktorej sa autor zaoberá stabilitou prútov namáhaných tlakom a ohybom. Stabilita je často rozhodujúcim faktorom pri návrhu tenkostenných oceľových konštrukcií, hlavne pri prútoch s otvoreným prierezom. Ako vyplýva z názvu knihy, vyšetované sú prípady rovinného i priestorového vzperu.

Kniha pozostáva z troch častí. Časť A je úvodom do problematiky. Sú tu v súlade s nemeckou DIN 18 800, časť 1 a 2, názorne vysvetlené obidve možnosti overovania stability tlačných a ohybaných prútov: a) metóda náhradného prúta využívajúca jednoduché normové vzorce, hodnoty kritických síl N_{cr} , kritických momentov M_{cr} , súčinitele vzperu a klopenia, b) teória II. rádu pri uvážení imperfekcií prútov, pomocou ktorej dnes môžu projektanti s využitím dostupných výpočtových programov riešiť aj náročnejšie úlohy, pravda za predpokladu, že jej dokonale rozumejú. Časť B obsahuje množstvo veľmi užitočných výpočtových pomôcok: vzorce, tabuľky, diagramy. V časti C možno nájsť 42 podrobných výpočtov v praxi často sa vyskytujúcich prípadoch. Znamená to, že nie sú riešené idealizované jednoduché základné prípady, ale berú sa do úvahy všetky vplyvy, tak ako sa v praxi vyskytujú (napr. vplyv diskretného alebo spojitého pružného bočného podopretia prútov – v dôsledku pripojenia trapézových plechov atď.).

Určitým nedostatkom je, že publikácia sa opiera iba o výsledky nemeckých odborníkov, o čom najlepšie svedčia zoznamy literatúry a použité výpočtové programy. Je tam 50 položiek a 4 výpočtové programy, pričom všetko sú to diela výlučne nemeckých autorov. Nemecká stabilitná škola je vo svete vysoko hodnotená a recenzovaná publikácia predstavuje i napriek uvedenej skutočnosti veľmi užitočnú pomôcku pri praktickom navrhovaní oceľových prútových konštrukcií podľa predpisov akejkoľvek normy, nielen podľa DIN 18 800.

Publikáciu možno odporučiť inžinierom v praxi ako aj študentom na technických univerzitách.

prof. Ing. Ivan Baláž, PhD.

Ustavena Česká společnost stavebních koordinátorů

Dne 1.7.2003 byla po předchozí zhruba roční práci přípravného výboru a na základě zveřejněné „Výzvy“ ustavena na členské schůzi Česká společnost stavebních koordinátorů (ČSSK) jako odborná společnost Českého svazu stavebních inženýrů s právní subjektivitou. Společnost je tvůrčím neziskovým sdružením inženýrů, techniků a stavitelů činných ve výstavbě a v oblasti bezpečnosti práce v Čechách, na Moravě a ve Slezsku, které sdružuje své členy na základě dobrovolnosti.

Cílem a posláním ČSSK je využití duševního potenciálu členů ke shromáždění, analýze a rozšiřování nejnovějších poznatků k výkonu povolání koordinátora bezpečnosti a ochrany zdraví na staveništích tak, jak je to obvyklé ve státech Evropské unie a jak to předpokládá i v naší republice připravovaný zákon o koordinátorech. Společnost chce spolupracovat při tvorbě legislativy pro činnost koordinátorů a aktivně pomáhat při přípravě kvalifikovaných způsobilých koordinátorů pro české stavebnictví. Zajišťuje kontakty se stavovskými zahraničními organizacemi stejného zaměření a poskytuje odbornou, expertizní a poradenskou pomoc orgánům státní správy a samosprávy. Své poslání uskutečňuje pořádáním odborných akcí, nabídkou komplexního programu vzdělávání způsobilých koordinátorů, přednášek a seminářů. Společnost považuje za nezbytné vytvořit podmínky a zaručovat výkon funkce koordinátora tak, aby se všichni účastníci investičního procesu, jichž se výkon funkce koordinátora nutně dotkne, počínaje investorem, projektantem, dozorovými orgány a konče zhotovitelem stavby včetně jeho pracovníků na stavbách, setkávali a kooperovali s kvalifikovanými a způsobilými osobami. Prostřednictvím své členské základny sdružuje zájemce o výkon povolání koordinátora bezpečnosti a ochrany zdraví na staveništích a jejich zapojení do konkrétní stavební praxe.

Česká společnost stavebních koordinátorů ČSSI přijala na ustavující členské schůzi „Prohlášení“ k současnému stavu projednávání zákona o koordinátorech a nabídla komplexní a koncepční vzdělávací program a doporučený standard výkonu funkce koordinátora ve veřejném zájmu a v souladu s Národní politikou bezpečnosti práce.

Zájemci o činnost a členství ve společnosti se mohou obracet na adresu: Česká společnost stavebních koordinátorů ČSSI, Sokolská 15, 120 00 Praha 2, tel.: 227090411, sklenar@cssi-cr.cz

*Dr. Ing. Vladimír Sklenář, CSc.
předseda společnosti*

● recenze

Beran, V. a kol.

Dynamický harmonogram

elektronické rozvrhování technicko-ekonomických procesů

Academia, 2002, Praha, 177 s.

Publikace je napsána moderním způsobem. Jejím cílem je jednak stát se učebním pomůckou posluchačů FSV, KEŘ, jednak být přehledným kompendiem poznatků uspořádaných s cítem pro současnost a schopností předvídání budoucího vývoje o managementu výroby, projektovém řízení, investicích, cenových nabídkách, ale i o výzkumných projektech a strategických marketingových úvahách a ekonomice času.

Vstupní kapitoly popisují jednoduché možnosti jak řešit základní otázku většiny ekonomických procesů – ekonomiku spotřeby výrobního času. Tato část má charakter ukázek aplikací a návodů řešení doplněných příklady v plně zdrojové verzi na příloženém CD. Uživatel si je může prohlédnout, upravit a přizpůsobit vlastním potřebám. Čtenář tak dostává do ruky nejen černobílou verzi obrázků otištěných v publikaci, ale i barevné verze obrázků v širším kontextu zpracování. Navíc jsou veškeré obrázky uvedeny na CD v samostatné složce a někdy nejasný černobílý obrázek v tisku je v barvě zajímavější a názornější. Dá se říci, že vlastní náplní je CD obsažnější a pro zasvěceného čtenáře často zcela novou dimenzí výkladu a odborného sdělení.

Předkládaná problematika je orientována na otázky rozvrhování výroby, na časové plánování – harmonogramy, cyklogramy a síťové grafy. Je skutečností, že dimenze metodiky dosud praktikovaného a často komerčně drahého software tak dostává nový, konkurenční rys. Publikace ukazuje uživateli, že informace získávané často na základě náročného software mají jednodušeji zvládnutelná řešení na bázi běžného kancelářského software, kterým je tabulkový procesor (např. Excel a příbuzné procesory).

Není obtížné pro kvalifikovaného čtenáře zjistit, že problematika je velmi blízká také evidenci a správě zakázek (knihy zakázek) v malých a středních organizacích zaměřených na výrobu nebo služby. Další, ne příliš vzdálenou aplikací, jsou plány údržby, sledování plateb, výkonů a podobných, v čase rozprostřených, agend. Setkáváme se zde s otázkou základních modelů použitelných v projektovém řízení.

Vedoucí autorského kolektivu aplikuje řadu nových teoretických představ z mikroekonomiky. Jejich zdrojem je pátá kapitola. Zdánlivě jednoduché aplikační příklady jsou ve druhé úrovni výkladu prostoupeny teoretickými novinkami, jejichž centrální osou jsou virtuální řídicí momenty.

Konkrétní aplikace pro poměrně rozsáhlé stavby je popsána v šesté kapitole. Na ni navazují praktické příklady a návody dovedené do detailů (formuláře výkazů pracovníků, strojů, výkonů apod.). Příklady na CD jsou udivující zejména možnostmi, které běžnému uživateli tabulkového procesoru zůstávají skryty. Tato část vděčí za pečlivé zpracování Ing. J. Moslerovi, který čerpá z praxe a využívá myšlenek z úvodu práce.

Zajímavá, a nikoli nepodstatná, je část zabývající se riziky termínů, nabídkových cen a nabídkových rozpočtů. Jde o rozpracování, které spoluautoři dovedli do aplikovatelné úrovně.

Závěr páté kapitoly je věnován příkladům simulace strategií ve výrobních jednotkách. Tento relativně malý příklad využívá programové vybavení MDM založené opět na dostupné aplikaci tabulkového procesoru. Jde o velmi zhuštěný výklad aplikace, která je dominantní pro všechna strategická manažerská rozhodnutí. Význam příkladu je jednoznačně širší než jeho popis uvedený v publikaci. Autoři zřejmě pouze signalizují možnost řešení úloh moderním způsobem v záležitosti, kterou chtějí dále rozvíjet nebo rozvíjejí. Obsahově je zde potenciál k využití v další publikaci. Částečně je kompenzována stručnost této části tím, že je využívají i některé další příklady na CD. Zejména pak částí „Dynamika chování prvků“, v níž nezavěšený čtenář teprve získává některé souvislosti o možnostech simulace a jejího uplatnění v dynamických modelech.

Autorský kolektiv nepřehledným způsobem žádá od čtenáře, aby pracoval s textem a CD jak v úrovni praktické, tak teoretické či abstraktní. Teprve po přečtení je s určitým odstupem patrné, že název publikace je určitým synonymem pro dynamickou představu v praktikující mikroekonomice.

Náplň CD včetně příkladů je řazena od zdánlivě jednoduchých k praktickým příkladům. Ty obsahují kromě jiného i cenný materiál k určité variantě nabídky ČMS Praha, a. s., k akci Obecní dům Praha. Vedou tak čtenáře k úvaze o nutnosti změny některých zažitých postupů. Rozbor příkladů z praxe a příkladů zpracovaných studenty (samostatná složka na CD) představuje potenciál, který by si zasloužil širší výklad v textu.

Stručných 177 stran textu je jistě dílem ekonomického využití prostředků, které byly k dispozici. Věcný obsah si nicméně zaslouhuje, aby byl dále rozvíjen.

Závěrem lze jen potvrdit slova vydavatele ze shrnutí na zadní straně publikace, že jde o publikaci, která je potřebným technickým průvodcem rozvrhování technicko-ekonomických úloh do času a zjišťování potřeb zdrojů. Text nabízí v ucelené a přehledné formě vedle teoretické části i praktické návody a řešené příklady s podporou běžně dostupných projektových procesorů. Výpočetní tabulky Excel poslouží projektantům, investorům, pracovníkům dodavatelských firem, zadavatelům veřejných zakázek i ostatním zájemcům odpovědně rozvrhnout nabízené kapacity.

Praktické aplikace jsou využitelné v praxi. Teoretická část, z níž práce vychází, je určena studentům vysokých škol, doktorandům, učitelům vysokých škol, vývojovým softwarovým pracovníkům.

doc. Ing. Ludmila Hačková, CSc.

● recenze

Stiglat, K. **Brücken am Weg**

Frühe Brücken aus Eisen und Beton in Deutschland und Frankreich

Ernst & Sohn, 2003, 179 strán, mäkký obal, 2. dotlač 1. vydania, 37,90 EUR

Kniha obsahuje množstvo čiernobielych fotografií a kresieb mostov postavených na území Nemecka a Francúzska v dávnejšej minulosti. Mnohé z nich odborník ocení ako vzácné rarity (napr. jeden z prvých zavesených mostov z obdobia ich oživenia: most pri Lézardrieux z roku 1924). V prílohe možno nájsť prehľadnú tabuľku, v ktorej je chronologický zoznam mostov zatriedených podľa materiálu: a) mosty kamenné, b) železné (správnejšie: liatinové a oceľové), c) betónové (správnejšie: betónové a železobetónové). V tabuľke sú uvedené mosty postavené v rokoch 1776 až 1928. Súčasťou prílohy je mapa Nemecka a Francúzska s vyznačením lokalizácie jednotlivých mostov. Množstvo podrobnejších mapiek sa nachádza v samotnom texte pri konkrétnych mostoch. Zoznam literatúry obsahuje 139 položiek.

Čítanie o jednotlivých mostoch je veľmi zaujímavé aj pre laikov, pretože okrem odborných údajov nájdeme v knihe

množstvo zaujímavostí z histórie, ktoré autor získal priamo od úradných činiteľov (starostov miest, kronikárov apod.), „miestnych kronikárov“, ako aj od radových miestnych obyvateľov.

Kniha umožňuje sledovať vývoj v mostnom staviteľstve a je súčasne aj svedectvom o vzdelanosti, odvahe a umení predchádzajúcich generácií inžinierov. Určite môže poslúžiť aj ako pracovná pomôcka pri údržbe a záchrane mostov, z ktorých väčšina predstavuje významné technické pamiatky slúžiace svojmu účelu desiatky rokov. Motto publikácie je „byť človekom znamená, zamýšľať sa nad minulosťou na ceste do budúcnosti.“ (Erwin Chargaff).

Recenzovanú knihu odporúčame stavebným inžinierom, architektom, študentom ako aj laickej verejnosti.

prof. Ing. Ivan Baláž, PhD.

● literatúra

Trajer, V. **Katastr nemovitostí / 40 otázek a odpovědí z praxe**

ASPI Publishing, 2003, 116 s., formát A4, brož. 199 Kč

Autor v knize shromáždil najčastejšie dotazy a problémy, se ktorými sa stretáva ve svojej praxi na katastrálnom úrade. Odpovedá na daný konkrétny problém a rozvádí riešenie do obecnější roviny. Dotazy a odpovedi se netýkajú a neřeší složité výkladové problémy či kontroverzní názory, ale jde o výběr otázek, které vytanou na mysli běžnému člověku, který přichází do styku s katastrálním úřadem jako klient. Jde tedy o jakousi „kuchařku“, která radí, jak si počínat ve styku s katastrálními úřady – jak mají vypadat některá podání, jak se orientovat v průběhu řízení, jak z katastru nemovitostí získávat informace.

Otázky a odpovědi jsou členěny do několika oblastí, a to předmět katastru, návrh na vklad, vkladové řízení, opravy chyby v katastrálním aparátu a poskytování informací. Zvláštní důraz je kladen na řízení před katastrálním úřadem, a to pro jeho závažnost, složitost a fakt, že je to nejběžnější a nejčastější důvod, proč se katastrem nemovitostí zabývat.

U každé odpovědi je uvedeno klíčové slovo, které charakterizuje předmět dotazu. Za odpovědí je uveden závěr – tedy stručné shrnutí odpovědi. Dále je za každou odpověď uveden seznam ustanovení příslušných právních předpisů.

Ke zvýšení názornosti jsou do knihy zařazeny ukázky procesních podání a výstupů z katastru nemovitostí s popisem, např.:

- ukázky katastrálních map
- ukázka oznámení o zahájení řízení

- ukázka návrhu na vklad
- ukázka rozhodnutí o přerušení řízení o návrhu na vklad
- ukázka zpětvzetí návrhu na vklad
- ukázka rozhodnutí o zastavení řízení
- ukázka rozhodnutí o zamítnutí
- ukázka srovnávacího sestavení parcel
- přehled mapových značek
- přehled druhů pozemků a způsob jejich využití
- změna druhu pozemku
- seznam katastrálních úřadů

V závěru jsou uvedeny základní předpisy upravující problematiku katastru nemovitostí – zákon č. 265/1992 Sb., o zápisech vlastnických a jiných věcných práv k nemovitostem, v platném znění, a zákon č. 344/1992 Sb., o katastru nemovitostí České republiky (katastrální zákon), v platném znění. Kniha obsahuje i podrobný věcný rejstřík.

Svým obsahem a způsobem zpracování se publikace zaměřuje na nejširší okruh čtenářů – řadového občana jako stávajícího či potenciálního účastníka řízení před katastrálním úřadem, představitele občanských sdružení a obcí, podnikatele v oblastech blízkých katastru nemovitostí (soudní znalce, geodety, pracovníky realitních kanceláří atd.), „podnikové právníky“, ale i advokáty, kteří se danou oblastí právních vztahů zabývají pouze příležitostně.

Tisková informace

• veletrhy

«Časy se mění ... a řemeslo také»

3. – 8. listopadu 2003

Paříž

Shora uvedené heslo je nosným tématem letošního veletrhu BATIMAT. Když v roce 1959 pořadatelé zahájili první ročník, jistě si nedokázali představit, v jak rozsáhlou akci se rozvine. Mezinárodní význam veletrhu podstatně vzrostl, o čemž svědčí zájem zahraničních vystavovatelů. Očekává se větší účast než na předchozím ročníku v roce 2001, kdy 2 500 vystavovatelů obsadilo plochu 134 tis. m² a zastoupeno bylo 3 400 značek. Kromě toho akce uvítala 456 820 návštěvníků, z toho 16,11 % byli odborníci ze 128 zemí.

V popředí zájmu letošního ročníku jsou lidé a proměny řemesel ve stavebním oboru. Kromě mimořádně přitažlivých akcí, jako je Inovační soutěž, Trofeje designu, Trofeje obkladačství, je ročník 2003 obohacen o iniciativní projekty zaměřené na stavební profesi, jejichž cílem je podpořit hlavní téma veletrhu konkrétními ukázkami.

Doprovodné akce

- **Křížovatka povolání**
 Fórum pracovních příležitostí
 Fórum školení a vzdělávání
 Praktické ukázky
 Workshopy – svědectví
- **Hlavní cíl: přístupnost**
 hodnotící kolokvium na téma Evropského roku invalidních osob
- **Kostra stavby a inteligentní technická zařízení: jak se mohou navzájem ovlivňovat?**
 konference ADDI (Asociace pro rozvoj domotiky a imotiky)
- **nové francouzské a evropské normy a jejich vliv na obory zastoupené v prostoru vyhrazeném pro inteligentní stavby**
 kulatý stůl – účastníci: veřejné subjekty, profesní organizace, specializovaní novináři
- **Sdružení novinářů v oboru stavebnictví**
 konference
- **Le Village de la Pierre (Kamenná vesnička)**
 ukázky nadčasovosti kamene v nepřetržitém vývoji řemesel
- **Prostor Trendy**
 vývoj v oblasti bydlení, používání nových řešení a nových technologií především z hlediska bezpečnosti, pohodlí a zdraví. V partnerství s FNSAI (Národní odborovou federací bytových architektů) bude v rámci akce Living Smart ukázána vizionářská představa o konceptech bytových prostor rozdělených do předem vtypovaných sociálně kulturních kategorií.

Informace: ACTIVE COMMUNICATION
 Anglická 28, 12000 Praha, tel.: 222 518 587
 active@telecom.cz, www.batimat.fr

BATIMAT
 DE LA CONSTRUCTION 2003

Nejlepší diplomové práce ve školním roce 2002/2003

Patnácti studentům ze tří technických vysokých škol byly předány diplomy a peněžité odměny jako vítězům soutěže, kterou uspořádala největší česká stavební firma Skanska CZ ve spolupráci s ČVUT v Praze, VUT v Brně a VŠB-TU v Ostravě. Z mnoha desítek přihlášených prací vybírala ty nejlepší odborná porota složená ze zástupců společnosti SKANSKA CZ a zástupců jednotlivých škol.



Fsv ČVUT Praha

Stavebně technická témata

- **Rudolf Vyhnanek** – Styčník dřevěného skeletu a jeho použití v praxi
- **Petra Kohoutová** – Rekonstrukce a dostavba statku v Miletíně
- **Antonín Šremer** – Optimalizace železniční tratě Benešov – Čerčany

Ekonomická a ostatní témata

- **Petr Veverka** – Aplikace projektového řízení ve výstavbové praxi
- **Jakub Skavroň** – Finanční analýza firem v ČR a v zahraničí
- **Eva Svatoňová** – Oceňování stavební produkce v ČR a v zahraničí



FAST VUT Brno

Stavebně technická témata

- **Petr Jeleček** – Reologické a únavové vlastnosti asfaltových směsí při zatěžování ohybem a jejich využití pro navrhování vozovek
- **Tomáš Malina** – The Grand Egyptian Museum – zastřešení objektu
- **Michal Jandásek** – Stáj pro výkrm prasat včetně technologie výroby bioplynu

Ekonomická a ostatní témata

- **Jiří Juřeník** – Měření svislých posunů katedrály sv. Petra a Pavla v Brně na Petrově a kostela v Brně Zábřevicích
- **Tomáš Achilles** – Organizace zakázky ve stavebním podniku a plánování průběhu zakázky výstavby ZŠ Hostovice
- **Ondřej Šimáček** – Cena stavby v průběhu jejího životního cyklu



FAST VŠB-TU Ostrava

Stavebně technická témata

- **Andrea Žiškova** – Historické krovy
- **Vít Křivý** – Posouzení spolehlivosti styčníků ocelových konstrukcí
- **Radek Himlar** – Centrum duchovní, kulturní a sociální činnosti osob tělesně postižených

STAVEBNÍ OBZOR

ROČNÍK 12 ČÍSLO 9/2003

Navigace v dokumentu

OBSAH

Bill, Z. – Žára, V. – Novotný, J. Poruchy velkoplošných vrstvených podlah	257
Ryjáček, P. – Rotter, T. Púdorysně zakřivené ocelobetonové mosty	261
Priganc, S. – Alarashi, A. – Fecko, L. Spôľahlivosť zosilnenia betónových prvkov lamelami CFRP pri teplotách do 100 °C	266
Zadražil, T. – Vodák, F. – Trtík, K. Vliv teploty na pevnost betonu užitého při stavbě kontejnmentu jaderné elektrárny Temelín	272
Říha, J. Koncept udržitelného rozvoje selhává	275
Chybík, J. Absolventi FA VUT v Brně a jejich vztah k technickým předmětům	282

9 • 2003

ročník 12

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

Bill, Z. – Žďára, V. – Novotný, J.
**Poruchy velkoplošných
 vrstvených podlah 257**

Ryjáček, P. – Rotter, T.
**Půdorysně zakřivené
 ocelobetonové mosty . . . 261**

Priganc, S. – Alarashi, A.
 – Fecko, L.
**Spořehlivost
 zosilnenia
 betónových
 prvkov lamelami CFRP
 pri teplotách
 do 100 °C 266**

Zadrazil, T. – Vodák, F. – Trtík, K.
**Vliv teploty na pevnost
 betonu užitého při stavbě
 kontejnmentu
 jaderné elektrárny
 Temelín 272**

Říha, J.
**Koncept udržitelného
 rozvoje
 selhává 275**

Chybík, J.
**Absolventi FA VUT v Brně
 a jejich vztah k technickým
 předmětům 282**

CONTENTS

Bill, Z. – Žďára, V. – Novotný, J.
**Failures of Large-Area
 Floors 257**

Ryjáček, P. – Rotter, T.
**Horizontally Curved
 Composite Bridges 261**

Priganc, S. – Alarashi, A.
 – Fecko, L.
**Strengthening Reliability
 of Reinforced Concrete
 Elements with Composite
 Fabrics CFRP
 by Temperatures
 to 100 °C 266**

Zadrazil, T. – Vodák, F. – Trtík, K.
**The Effect of Temperature
 on the Strength of Concrete
 Used in the Containment
 Construction in the Temelín
 Nuclear Power Plant 272**

Říha, J.
**The Sustainability
 Concept
 is Failing 275**

Chybík, J.
**Attitudes of Architectural
 Students to Technical
 Subjects 282**

INHALT

Bill, Z. – Žďára, V. – Novotný, J.
**Zu Schäden an großflächigen
 Mehrschichtfußböden . . . 225**

Ryjáček, P. – Rotter, T.
**Grundrissmäßig gekrümmte
 Stahlbetonbrücken 261**

Priganc, S. – Alarashi, A.
 – Fecko, L.
**Zuverlässigkeit
 der Verstärkung
 von Stahlbetonelementen
 mit CFRP-Lamellen
 bei Temperaturen
 bis zu 100 °C 266**

Zadrazil, T. – Vodák, F. – Trtík, K.
**Einfluss der Temperatur auf
 die Betonfestigkeit beim
 Bau des Containments
 des Kernkraftwerks
 Temelín 272**

Říha, J.
**Das Konzept
 der nachhaltigen
 Entwicklung versagt 275**

Chybík, J.
**Die Beziehung von
 Architekturstudenten zu
 technischen Fächern . . . 282**

REDAKČNÍ RADA**Předseda:**

prof. Ing. Jiří STUDNIČKA, DrSc.

Místopředseda:

doc. Ing. Alois MATERNA, CSc.

Tajemníci:

doc. Ing. Milan KAŠPAR, CSc.

doc. Ing. Jindřich ŠMEJČKÝ, CSc.

Členové:

Ing. Miroslav BAJER, CSc.

doc. Ing. Pavel HÁNEK, CSc.

Ing. Jiří HIRŠ, CSc.

Ing. Ivan HRDINA

doc. Ing. Vladimír JELÍNEK, CSc.

Ing. Miroslav JEŽEK, CSc.

doc. Ing. Miroslav KAUN, 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. Miroslav PAVLÍK, CSc.

prof. Ing. J. PROCHÁZKA, CSc.

doc. Ing. Vlastimil STARÁ, CSc.

Ing. Karel SVOBODA

doc. Ing. Jiří VÁŠKA, 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 zaplace-
 ného předplatného. Inzerce adresujte redakci. Tech-
 nická redakce a realizace: Ing. Milan Gattringer. Po-
 dávaní novinových zásilek povoleno Ředitelstvím
 pošt Praha, č. j. NP 144/1994, ze dne 21. 10. 1994. Do
 tisku 8. 10. 2003. Nevyžádané rukopisy se nevracejí.

INDEX 47 755, ISSN 1210-4027

Poruchy velkoplošných vrstvených podlah

*doc. Ing. Zdeněk BILL, DrSc.
Ing. Vladimír ŽDÁRA, CSc.
ČVUT – Fakulta stavební*

*Ing. Jan NOVOTNÝ, CSc.
K+K Průzkum, s. r. o., Praha*

Článek pojednává o častých příčinách poruch velkoplošných podlah v současné stavební praxi. Analyzuje případ porušení vrstvené podlahy nepodsklepeného objektu velkoobchodní, který si vyžádal dodatečný a nákladný geotechnický průzkum podloží.

Úvod

V současné stavební praxi dochází k četným poruchám velkoplošných podlah, zejména v nepodsklepených skladovacích a manipulačních prostorách. Tento stav obecně svědčí o nedořešené teoretické rozpracovanosti tohoto problému v současné teorii konstrukcí pozemních staveb. Navrhování velkoplošných vrstvených podlah se zárukou dlouhodobé trvanlivosti a bezporuchovosti nesporně vyžaduje správné aplikování nejnovejších poznatků z oblasti materiálového inženýrství, nových technologií, konstrukčně statických, geotechnických a dalších.

Ke zvláštnostem podlahových konstrukcí patří, že se obecně provádějí až v rámci dokončování nenosných částí stavby, přestože v provozu objektu jsou jejich povrchové vrstvy bezprostředně zatěžovány. Východiskem z této situace je sledování a dodržování narůstajících technických požadavků a nároků na jejich užité vlastnosti. U betonových průmyslových podlah se požaduje:

- dlouhodobá spolehlivost pro přenos zatížení o značné plošné nebo lokálně soustředěné intenzitě, pro účinky objemových změn a chemických vlivů apod.;
- zachování příznivých deformačních vlastností.

I při rozlehlosti podlahových desek se vyžaduje spojitost v průhybových plochách (včetně deskových sestav členěných spárami), vysoká odolnost proti oděru, prašnosti aj. Analýza příčin poruch podlah v realizovaných objektech prokazuje, že v nepodsklepených prostorách spolehlivost a trvanlivost i konečných vrstev (dlažeb, stěrek, povlaků) podstatně závisí na přetvárných vlastnostech podkladu a poměrů v podloží. Technické rozborů problému ukazují, že při zatěžování povrchových vrstev podlah, zahrnutí reologického chování materiálu skladby i dalších vlivů zpravidla dochází ke složité interakci dílčích částí podlahového souvrství včetně podloží.

Tvorbě zásad navrhování plošných podlah je proto třeba věnovat zvýšenou pozornost a obezřetněji zkoumat statické chování podlahové konstrukce v prostředí stavby a působících vlivů na vhodných modelech interakčních soustav.

Příčiny porušování

Problémy porušování plošných vrstvených podlah a vhodné způsoby modelování statické interakce dílčích částí souvrství byly sledovány v rámci výzkumného záměru [4]. Některé poznatky z rozborů statického chování vrstvených podlah včetně výsledků z dodatečných inženýrsko-geologických průzkumů podloží pod narušenou konstrukcí uvádíme dále.

Dílčí poznatky z analýzy poruch několika typů skladeb plošných podlah v nepodsklepených objektech potvrdily zejména tyto příčiny:

- nehomogenitu přetvárných vlastností podkladu a podloží podlahy,
- nevhodně rozmístěné nebo chybějící spáry, popř. dělicí vrstvy ve skladbě souvrství podlah.

Ke statickému vyšetřování poruchových stavů vrstvených konstrukcí podlah byly použity upravené výpočtové modely, které v předchozích letech výzkumu sloužily k analyzování napjatosti a přetváření vrstvených konstrukcí obvodových plášťů, souvrství teras, lodžii atd. Do interakčních modelů byl začleněn zejména vliv chování zeminy v podloží na podlahové souvrství.

Nehomogenita podloží

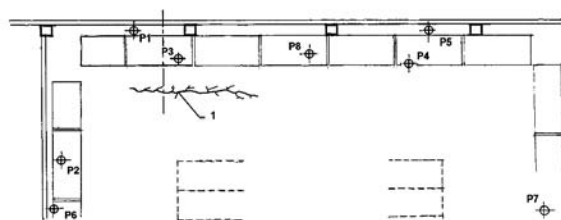
Poznatky získané z analýzy několika typů narušených podlah byly podkladem pro ověření vlivu rozdílné kvality (nehomogenity) podloží. Jedním z případů byla teracová dlažba podlahy ve velkoobchodně potravin, v níž se zhruba po ročním provozu vytvořily konstrukční trhliny, nejvíce v místech zatížených stojkami regálů na nápoje. V oblasti stojek s provozním zatížením cca 40 kN se vytvořily nevratné deformace (poklesy) podlahy s hodnotami až 12 mm. Celkový změněný rozdíl ve svislých posunech činil až 18 mm



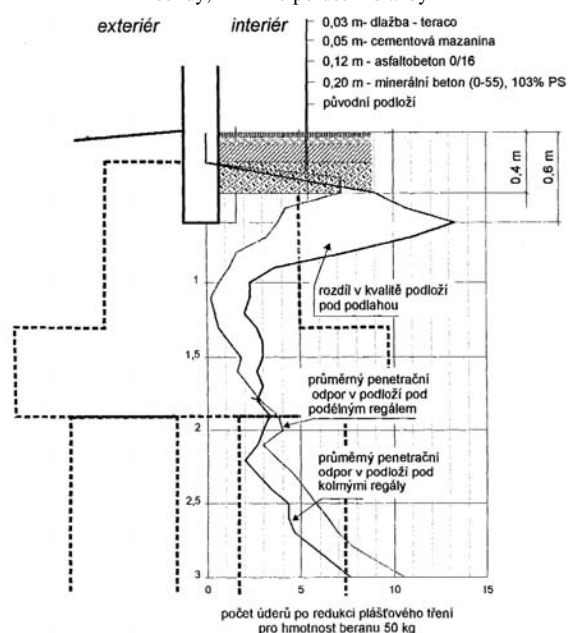
Obr. 1. Porušení podlahy trhlinou

(opačná tendence částečného nadzvednutí mezi stojkami). Pokles způsobil vyklonění stojek, a zejména potrhání mimo spáry dlažby. Hlavní linie trhlín směřovala rovnoběžně cca 1,05 m od vnější hrany podélného regálu (obr. 1).

Porušení v hlavní linii doprovázely šikmé trhliny se zhruba kolmou orientací na hlavní systém porušení (vliv prostorového poklesu podlahy). Na přetvárné vlastnosti podloží pod narušenou podlahou se zaměřil dodatečný inženýrsko-geologický průzkum. Zarážené a penetrační sondy byly umístěny do vyřezaných otvorů v dlažbě s podkladem o rozměrech 100 x 100 mm hlubokých 400 mm. Rozmístění zkušebních sond P1 až P8 zachycuje půdorysné schéma uvedené na obr. 2. Sondami byly získány charakteristiky geotechnických poměrů v podloží podlahy (obr. 3).



Obr. 2. Půdorysné schéma rozmístění zkušebních sond P1, P2, P5 – zarážené sondy, P3, P4, P6, P7, P8 – penetrační sondy, l – linie porušení dlažby

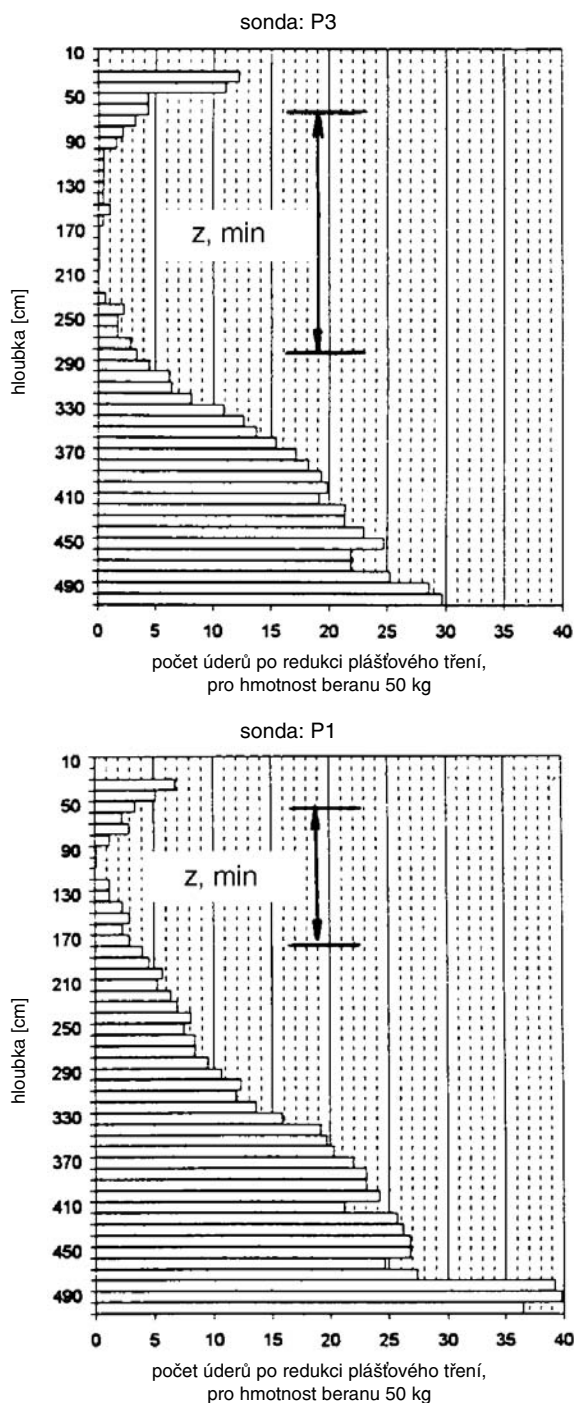


Obr. 3. Geologicko-geotechnické poměry v podloží podlahy – svislý řez

Vyhodnocené údaje sond i výsledky z laboratorních zkoušek vzorků zeminy potvrdily výraznou nehomogenitu podloží v narušené oblasti podlahy. V sondách P1 a P3 u podélného regálu byla zjištěna v hloubce 1,0 až 1,8 m pod dlažbou haly značně oslabená zóna zeminy F8CH s výrazně nízkými deformačními parametry (modul E_{def} klesal až pod 1 MPa). Uvedený stav dokumentují grafy na obr. 4 a průběh křivek odporů zarážení na obr. 3.

Statická analýza

K vyšetření napjatosti a přetvoření souvrství podlahové konstrukce byl navržen interakční model soustavy sledující vliv podloží na podlahovou desku. V rámci metody konečných prvků byly aplikovány hodnoty přetvárných charakteristik podloží získané z geologicko-geotechnického průzkumu. Svislá přetvoření vrstevnatého podloží byla numerickým postupem výpočtu stanovena na víceparametrickém modelu vlivu hloubky deformační zóny. Interakční soustava



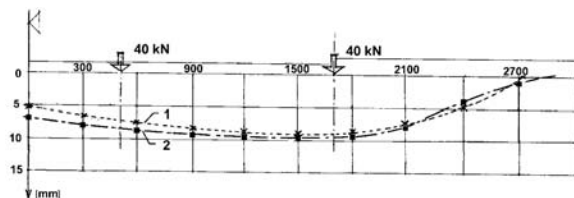
Obr. 4. Průběh penetračních odporů podloží u sond P3 a P1
 Z_{min} – zóna s minimálními hodnotami modulů deformace

vycházela z obvyklého tvaru diferenciální rovnice průhybové plochy izotropní podlahové desky

$$B\Delta^2 s(x, y) + C_1 s(x, y) - C_{2x} \frac{\partial^2 s(x, y)}{\partial x^2} - C_{2y} \frac{\partial^2 s(x, y)}{\partial y^2} = q(x, y),$$

kde $s(x, y)$ je svislé přetvoření soustavy,
 Δ – Laplaceův operátor,
 B – tuhost izotropní desky,
 C_1, C_{2x}, C_{2y} – konstanta odporu podloží proti zatlačení ve svislém směru, konstanty smykového spolupůsobení podloží ve směru x a y ,
 $q(x, y)$ – intenzita zatížení desky jako součet stálého a nahodilého zatížení.

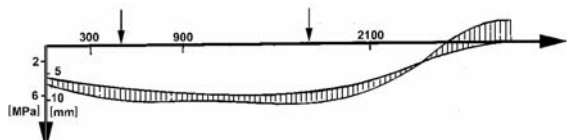
Numerickým postupem a integrací dílčích účinků byl interpretován vliv charakteru vrstev nehomogenního podloží k získání celkových svislých přetvoření soustavy $s(x, y)$. Na obrázku 5 je uveden průběh svislých přetvoření ve svislém rovinném řezu v oblasti sondy P3 (kolmo na podélný regál).



Obr. 5. Průběh svislých posunutí podlahy ve sledovaném řezu
1 – skutečný (změřený), 2 – teoretický (vypočtený)

Křivka 1 vyjadřuje průběh svislých přetvoření změřených na skutečné konstrukci porušené podlahy, křivkou 2 je definován teoretický průběh stanovený z výpočtu. Z porovnání obou křivek vyplývá poměrně dobrá shoda teoretického průběhu se skutečným přetvořením podlahové konstrukce.

Vynucenou ohybovou deformací podlahové desky došlo ke značným tahovým napětím v povrchových vrstvách podlahové konstrukce. K porušení teracové dlažby a ložné vrstvy z cementové malty došlo tahovými trhlinami od napětí za ohybu. Jak prokázal geotechnický průzkum a potvrdil statický výpočet, konstrukční trhlina hlavní linie porušení narušila rovněž nosnou desku podlahové konstrukce o tl. 120 mm (asfaltobeton 0/16).



Obr. 6. Charakter rozložení tahových napětí a svislých deformací v úrovni ložné spáry teracové dlažby

Průběh tahových napětí v úrovni ložné spáry dlažby, vyjádřený ze statické analýzy modelu interakční soustavy v rovině svislého řezu v oblasti sondy P3, je uveden na obr. 6.

Příčiny nekvalitního podloží, sanace podlahy

Hlavní příčinou porušení plošné podlahy v oblasti podélného regálu bylo nedostatečné zhutnění zpětných zásypů patek a prahů při okraji haly. Ve stísněných podmínkách bylo možné k hutnění použít pouze ruční pěchy a vibrační desky. Při vyšší mocnosti vrstev zásypů se projevil nižší hutnicí účinek, někde zřejmě i v součinnosti s dalšími faktory (teplotními změnami, zatékáním srážkových vod do podloží).

Sanace plošných podlah narušených vlivem nehomogenity podloží vyžaduje zpravidla ekonomicky i technicky náročné zásahy do konstrukce. V úvahu přichází výměna zeminy (její doplnění a zhutnění) v dané oblasti, popř. provedení mikropilot. Lokální provedení mikropilot však značně omezuje variabilitu zatěžování podlahové konstrukce, obtížně je kontrolovatelná i kvalita provedení.

Vliv objemových změn

Podlahové konstrukce v průběhu provozu objektu jsou namáhány nesilovými účinky, tj. zejména teplotními změnami a vlivy souvisejícími s reologickými vlastnostmi materiálu podlahových desek (smršťováním, dotvarováním a

reologickým chováním betonu, kompozitů apod.). Podrobnější rozbory chování vrstvených podlah ukazují, že především velké půdorysné rozměry, vazby na prostupující konstrukce, popř. lokálně působící velká svislá přitížení bývají častými spolufaktory příčin poruch od objemových změn.

Zde se omezíme pouze na nejpodstatnější současné aspekty tohoto problému. Vkládáním tepelně izolačních vrstev do podlah velkoplošných hal se s příznivými energetickými dopady současně ovlivňuje intenzita teplotních změn a namáhání roznášecích vrstev (přestávají být teplotně stabilizovány podložím), stlačitelností tepelně izolačních vrstev jsou ovlivňovány přetvárné vlastnosti celého souvrství podlahy. Účinkům objemových změn obecně předcházíme dilatačními úpravami plošné podlahy (vkládáním smršťovacích, dilatačních a oddělovacích spár), popř. umísťováním kluzných vrstev do skladby podlahové konstrukce. Smršťování betonu se zpravidla omezuje úpravou technologického postupu betonáže (betonováním v pružích, s použitím vhodných cementů), vkládáním řezaných spár cca do třetiny tloušťky desky. Smršťovací spáry člení celistvou desku podlahy na části. Jejich velikost závisí na vyztužení, u nevyztužených podlah se vzdálenost smršťovacích spár doporučuje mezi 25 až 35 násobkem tloušťky desky. Teplotní objemové změny jsou eliminovány zejména dilatačními spárami, které procházejí celou tloušťkou podlahové desky v šíři 20 až 25 mm a plošně ji rozdělují na části v závislosti na teplotním zatížení, druhu materiálu a způsobu vyztužení. Rozdílným svislým deformacím v místech spár (vlivem nehomogenity podloží, rozdílného zatížení, nerovnoměrného oteplení či smršťování) lze předcházet vkládáním speciálních hmoždinek, zazubení spár atd. Deformační nezávislost (ve svislém i vodorovném směru) vůči dalším konstrukčním prvkům stavby řešíme oddělovacími spárami. Kluzné vrstvy zmenšují tření mezi podkladem a roznášecí deskou, snižují nároky na dilatování zmenšením tahových napětí v dilatované vrstvě. Při aplikování kluzné vrstvy pod nosnou betonovou desku je třeba prověřit vliv nerovnoměrného vysychání na možnost vzniku tahových napětí při horním povrchu betonové desky.

V místech spár je třeba konstrukčně upravit pochozí vrstvu tak, aby nebyl narušen povrch podlahy. Zvláštní úpravu spár je třeba volit pro pojíždění vozíků.

Závěr

Navrhování velkoplošných podlah je třeba věnovat zvýšenou pozornost. Specifikem vrstvených plošných podlah v nepodsklepených objektech je výrazná interakce podlahové konstrukce s podložím, jehož proměnné deformační vlastnosti mohou ovlivnit spolehlivost a trvanlivost celého podlahového souvrství včetně povrchových úprav. Poznatky z praxe i teoretických rozborů příčin poruch ukazují na podstatný vliv správného stanovení okrajových návrhů, dostatečný inženýrsko-geotechnický průzkum podloží, výstižný konstrukčně statický návrh i dodržování technologií při provádění vrstvených podlahových konstrukcí.

Příspěvek vznikl za podpory výzkumného záměru č. 1 MSM 2100000 „Funkční způsobilost a optimalizace stavebních konstrukcí“.

Literatura

[1] Bill, Z. – Žďára, V.: Staticko-fyzikální modelování silových a nesilových účinků na vrstvené podlahové konstrukce. [Sborník],

4. konference konstrukčně statické a stavebně fyzikální problémy stavebních konstrukcí. Tatranská Lomnice, 2002.
- [2] Bradáč, J. – Krátký, J. – Procházka J.: Průmyslové betonové podlahy. Stavební ročenka ČKAIT, Praha, 1999.

- [3] ČSN 73 0090 – Zakládání staveb. Geologický průzkum pro stavební účely. ČSNI.
- [4] Výzkumný záměr č. 1 MSM 21000000 „Funkční způsobilost a optimalizace stavebních konstrukcí“, 2001/2002.

Bill, Z. – Žďára, V. – Novotný, J.: Failures of Large-Area Floors

This paper outlines actual requirements on large-area floors. It analyzes a case of failure of a laminated floor situated in a basementless building of a superstore caused by non-homogeneous subsoil conditions. The article also presents structural analysis of the interaction between the floor structure and the supporting ground. Finally, it provides computation results of the floor deformation by the finite element method.

Bill, Z. – Žďára, V. – Novotný, J.: Zu Schäden an großflächigen Mehrschichtfußböden

Der Artikel behandelt häufige Ursachen von Schäden an großflächigen Fußböden in der gegenwärtigen Baupraxis. Er analysiert einen Schadensfall bei einem Mehrschichtfußboden eines nicht unterkellerten Objektes eines Großeinkaufsmarktes, der eine nachträgliche und aufwendige geotechnische Untersuchung des Untergrundes erforderte.

odborné semináře
součást projektu celoživotního vzdělávání autorizovaných inženýrů a techniků ČKAIT

LEGISLATIVA a PRÁVO ve stavebnictví

Kongresový sál – Arcibiskupský seminář, Thákurova 3, Praha 6

13. listopadu 2003

Smluvní vztahy ve výstavbě

prof. Ing. Milík Tichý, DrSc. – Fakulta stavební ČVUT v Praze

JUDr. Marie Moravcová – Rozhodčí soud

Obecné zásady tvorby smluv. Občanský a obchodní zákoník. Objednatel a zhotovitel. Smlouva o dílo na zhotovení projektové dokumentace a autorský dozor. Smlouva o dílo na dodávku stavebních prací. Smlouvy se subdodavateli. Smluvní zajištění technického dozoru stavebníka. Nedostatky smluv, běžné chyby a jejich důsledky. Vzorové smlouvy. Technické a majetkové spory související se smlouvami.

27. listopadu 2003

Navrhování požární bezpečnosti staveb podle požárních norem

Ing. Vladimír Reichel, DrSc. / Ing. Jan Kašpar, CSc. – Expertizní středisko požární bezpečnosti staveb

Vztah evropských a českých požárních norem – stávající stav a výhled do roku 2010. Novelizace ČSN 65 0201 Hořlavé kapaliny – prostory pro výrobu, skladování a manipulaci, zásady řešení výrobních a skladových provozů. Požární odvětrání objektů a zásady navrhování požárního odvětrání halových objektů střešními klapkami. Nové požadavky ČSN EN na zkoušení – reakce hmot na oheň a požární odolnost stavebních konstrukcí. Certifikace stavebních výrobků z hlediska požární bezpečnosti.

11. prosince 2003

Katastr nemovitostí – předpisy a postupy

JUDr. Eva Barešová – Český úřad zeměměřický a katastrální

Právní předpisy týkající se katastru nemovitostí v souvislosti s dalšími právními předpisy. Předmět a obsah katastru nemovitostí. Smlouvy o nemovitostech. Zápisy práv do katastru nemovitostí (vklad, záznam, poznámka). Náležitosti návrhu na vklad práva. Dělení nemovitostí. Poskytování údajů z katastru nemovitostí včetně dálkového přístupu. Aktuální judikatura.

Informace:

STUDIO AXIS, spol. s r.o., Korunní 106, 101 00 Praha 10
tel./fax: 271 732 095 a 271 736 620, stdaxis@attglobal.net

Půdorysně zakřivené ocelobetonové mosty

Ing. Pavel RYJÁČEK
doc. Ing. Tomáš ROTTER, CSc.
ČVUT – Fakulta stavební
Praha

Půdorysně zakřivení hlavních nosníků spřažených ocelobetonových mostů s nosníky tvaru I vyvozuje v dolní pásnici přídatné napětí od příčného ohybu, které může dosahovat značných hodnot. V článku je popsána nová metoda pro výpočet tohoto napětí. Výsledky metody byly porovnány s výsledky získanými metodou konečných prvků na prostorových modelech s dobrou shodou.

Úvod

V současnosti se stále více uplaňují půdorysně zakřivené ocelobetonové mosty. Hlavní příčinou je prioritní dopravní řešení před konstrukčním uspořádáním, zvyšující se provoz a stísněné prostorové podmínky pro stavbu, především v zastavěných oblastech. Zakřivené mosty slouží často jako nájezdové rampy na dálnice nebo součástí mimoúrovňových křižovatek (obr. 1). Moderním řešením je půdorysně zakřivení hlavních nosníků. Ačkoli se konstrukce tohoto typu používají, jejich chování není stále ještě zcela popsáno. Odborné literatury o této problematice je poměrně málo, je obtížně dostupná a informace v ní uvedené jsou pro praktické navrhování většinou nedostatečné.



Obr. 1. Pocahontas Crossing, Richmond, USA
montáž ocelové konstrukce

Je zřejmé, že vlivem půdorysně zakřivení vznikají v mostní konstrukci (zejména v dolní pásnici ocelových nosníků) přídatná namáhání od kroucení, která nelze ve statickém výpočtu opomenout. Velikost těchto přídatných namáhání závisí především na poloměru zakřivení, rozpětí a počtu mezilehlých příčných ztužidel. V současnosti existují nejméně tři způsoby, jak určit toto napětí.

Prostorový deskostěnový model

Dostatečně výstižný prostorový model konstrukce umožňuje určit celkovou napjatost v hlavním ocelovém nosníku od libovolného zatížení. Nevýhodou je obtížná interpretace výsledků. Posuzování spřažených konstrukcí v normách je založeno na porovnávání momentu únosnosti s momentem

od zatížení. V případě prostorového deskostěnového modelu (PDS) je nutno pro stanovení M_{sd} integrovat napětí po celém průřezu pro mnoho zatěžovacích stavů a konečných prvků. To je problém i pro výkonné stolní počítače, nehledě na to, že v praxi není pro projektanty k dispozici software, který tuto integraci umožňuje.

Regresní vzorec

Regresní vzorec, odvozený v roce 1996 Davidsonem, Kellerem a Yoo [1], je založen na parametrické studii půdorysně zakřivených mostů a následné regresní analýze. Analýza byla provedena jak pro montážní stadium, kdy působí jen ocelové nosníky, tak pro výsledný spřažený stav. Vzorec byl založen na výsledcích nepříznivějšího montážního stavu. Je ho možné použít k odhadu maximální hodnoty napětí od vázaného kroucení na konstrukci, jenž plyne ze vztahu

$$\frac{\sigma_w}{\sigma_b} = 609,4 \left(\frac{L^{1,947}}{R b_f} \right) \cdot e^{-N \cdot 0,659}, \quad (1)$$

kde σ_w je napětí od příčného ohybu na okraji dolní pásnice, σ_b – napětí od svislého ohybu v dolní pásnici, L – rozpětí mostu [m], R – poloměr zakřivení vnějšího nosníku [m], b_f – šířka dolní pásnice [mm], N – počet úseků, na které dělí mezilehlá příčná ztužidla rozpětí mostu, e – základ přirozeného logaritmu $e = 2,718 28$.

Metoda příčného zatížení

Metoda je založena na předpokladu, že dolní pásnice působí jako spojité nosník pevně podepřený v místech mezilehlých příčných ztužidel. Zatížen je příčným vodorovným zatížením, které odpovídá příčné složce normálového napětí v dolní pásnici. Na základě určitých zjednodušujících předpokladů je možno podle [2] odvodit pro výpočet maximální hodnoty napětí od vázaného kroucení vzorec

$$\sigma_w = \frac{3 \sigma_b l^2}{5 R b_f}, \quad (2)$$

kde l je vzdálenost mezilehlých příčných ztužidel.

Je možné konstatovat, že žádná z uvedených metod není pro výpočet napětí od vázaného kroucení na spřaženém průřezu ideální, ať již pro složitost, nedostatečnou výstižnost či rozsah použití. Vytvoření univerzální metody vhodné pro praktické použití bylo tématem dizertační práce prvního z autorů článku.

Řešení probíhalo ve dvou etapách. V experimentální části byl zvolen způsob modelování ověřován modální analýzou spřaženého ocelobetonového mostu, a zároveň na základě výsledků zahraničního experimentu půdorysně zakřiveného nosníku. V teoretické části byla ověřeným způsobem modelování provedena parametrická studie na řadě modelů PDS a vytvořena nová metoda pro výpočet napětí od vázaného kroucení v dolní pásnici. Její platnost potvrdily výsledky parametrické studie.

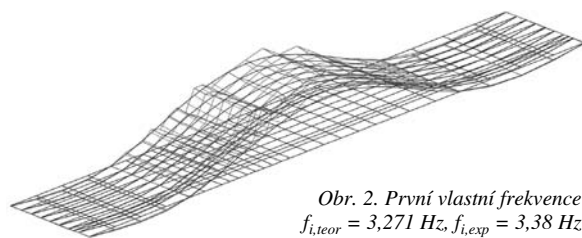
Experimentální část

■ Ověření výpočetního modelu pomocí modální analýzy

Jak již bylo uvedeno, přestože ve světě se mosty se zakřivenými nosníky používají, u nás dosud takový most neexistuje. Proto bylo pro experiment nutno použít dostupný most s přímými nosníky. Cílem bylo ověření výpočetního modelu a vybraného způsobu modelování příčného řezu, který je společný pro mosty přímé i půdorysně zakřivené. Pro experiment v rámci grantu Ministerstva dopravy „Využití modální analýzy pro hodnocení mostních konstrukcí“ ve spolupráci s Katedrou stavební mechaniky FSv ČVUT [3] byl vybrán ocelobetonový spřažený most ve Vráži u Berouna. Jde o přímý spojité nosník o třech polích. Budicí síla vyvozovaná budičem byla měřena třemi snímači síly a odezva mostu deseti snímači zrychlení v celkem 28 příčných řezech. Konstrukce byla buzena signálem náhodného charakteru s frekvenčním rozsahem 0 až 20 Hz.

Teoretický prostorový model mostu byl vytvořen v programu NEXIS 32. Stojina hlavních nosníků byla modelována plošnými prvky. Horní a dolní pásnice byla zadána jako prutový prvek (žebro) do hraniční linie stojiny. Výztuhy stojiny byly modelovány pomocí žeber. Železobetonová deska byla modelována s použitím deskostěnových prvků, jejichž osa byla umístěna do střednice desky. Tuhé spojení desky s hlavním nosníkem bylo provedeno svislými pruty, které spojovaly horní pásnici s deskou. Jejich tuhost byla volena tak, aby odpovídala ploše betonu nad pásnicí, což v důsledku reprezentuje tuhé spojení desky s horní pásnicí ocelového nosníku.

Vlastní tvary a frekvence zjištěné teoretickým výpočtem byly porovnány s experimentálně zjištěnými hodnotami, aby se ověřila přiléhavost výpočetního modelu. Číselné porovnání je uvedeno v tab. 1 a na obr. 2 je vykreslen první vlastní tvar kmitání mostu. Z porovnání vlastních tvarů a frekvencí teoretického modelu a experimentu je patrné, že shoda experimentu a výpočtu je velmi dobrá a zvolený způsob modelování je tudíž správný.



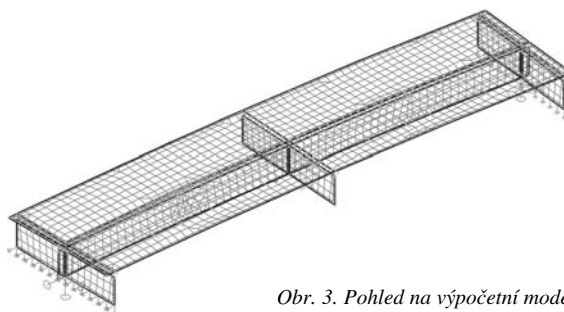
Obr. 2. První vlastní frekvence
 $f_{i,teor} = 3,271 \text{ Hz}$, $f_{i,exp} = 3,38 \text{ Hz}$

Tab. 1. Porovnání změřených a vypočtených vlastních frekvencí mostu

Experiment		$\Delta f_{(i)}$ [%]	Výpočet		Popis tvaru	MAC
tvar	$f_{(i)}$ [Hz]		tvar	$f_{(i)}$ [Hz]		experiment/ výpočet
1	3,38	-3,3	1	3,27	1. ohybový	0,9822
2	3,65	0,3	2	3,66	1. kroutivý	0,9611
3	8,54	-5,7	3	8,08	2. ohybový	0,9647
4	8,95	-8,0	4	8,29	2. kroutivý	0,8912
5	10,86	-11,5	5	9,74	2. kroutivý v protifázi	0,8731
6	11,39	-13,3	6	10,05	2. ohybový s kratším krajním polem v protifázi	0,6427
7	14,18	-5,9	10	13,39	torzní delšího krajního pole	0,9017

■ Ověření modelování na základě zahraničního experimentu

V roce 1999 provedl V. Thevendran se spolupracovníky na National University of Singapore experiment, při němž zkoušeli pět různých půdorysně zakřivených nosníků tvaru I, spřažených se železobetonovou deskou [4]. Vzorky měly různý poloměr zakřivení (přímý, $R = 120 \text{ m}$, 60 m , 24 m , 12 m). Výsledky experimentu byly použity v dizertační práci [5] pro ověření způsobu modelování půdorysně zakřivených mostů.



Obr. 3. Pohled na výpočetní model

Výpočetní model byl vytvořen opět v programu NEXIS. Stojiny nosníků a deska byly tvořeny plošnými prvky, obě pásnice a pruty spojující horní pásnici s deskou byly modelovány prutovými prvky. Pohled na model a zatížení je na obr. 3. Výpočet byl proveden jako geometricky nelineární pro zatížení silou 200 kN, což je hodnota, při které se vzorky v experimentu chovaly ještě pružně. Průhyb byl sledován v polovině rozpětí a napětí ve vzdálenosti 170 mm od středu nosníku. Výsledky výpočtu velmi dobře korespondovaly s experimentem, odchylka se pohybovala v rozmezí 2 až 3 %.

Lze to brát jako další důkaz, že zvolený způsob modelování může být dále použit pro výpočet půdorysně zakřivených mostů.

Teoretická část výzkumu

■ Parametrická studie pomocí modelů PDS

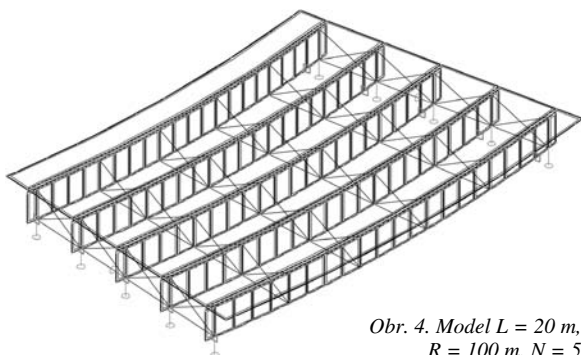
Pro zjištění vlivu různých parametrů konstrukce na poměr σ_w/σ_p , tj. napětí od vázaného kroucení dolní pásnice k napětí od svislého ohybu, byla provedena parametrická studie. V ní byla vytvořena řada prostorových deskostěnových modelů půdorysně zakřivených mostů. Byl použit způsob modelování ověřený v experimentální části dizertace. Základní parametry studie:

- rozpětí $L = 20, 30, 50 \text{ m}$,
- poloměr zakřivení vnějšího nosníku $R = 100$ až $2\,000 \text{ m}$,

- počet úseků mezi příčnými tzužidly $N = 1$ až 10,
- výška stojiny $h_w = 1,5$ až 2,5 m,
- tloušťka stojiny $t_w = 10$ až 20 mm,
- ohybová tuhost svislých výztuh stojiny I_{ws} ,
- šířka dolní pásnice $b_f = 200$ až 600 mm,
- počet hlavních nosníků $n = 3$ až 5.

Bylo použito uspořádání pro šířku komunikace S11,5 s pěti hlavními nosníky. V tabulce 2 je vidět základní souhrn vytvořených výpočetních modelů. Pro každé rozpětí byly použity čtyři různé poloměry zakřivení a pro každý poloměr bylo zkoumáno tři až pět variant počtu úseků mezi příčnými tzužidly. V této základní sadě bylo tedy zkoumáno celkem 48 mostů.

Zatížení se skládalo ze stálé a nahodilé složky. Předpokládalo se, že zatížení vlastní hmotností desky a ocelových nosníků je do doby, než beton dosáhne dostatečné pevnosti, přenášeno pouze ocelovými nosníky. Dodatečné stálé zatížení, tj. hmotnost chodníků, říms, vozovky a mostního příslušenství, působí již na sřažený průřez, a bylo proto uvažováno ve výpočtu. Pro zatížení dopravou byl použit model zatížení 1 podle ČSN P ENV 1991-3 [6]. Výpočet byl proveden jako geometricky nelineární podle „teorie II. řádu“. Na obrázku 4 je znázorněn jeden z výpočetních modelů.



Obr. 4. Model $L = 20$ m,
 $R = 100$ m, $N = 5$

Tab. 2. Přehled základních modelů

Rozpětí mostu L [m]	Poloměr zakřivení R [m]	Počet úseků N mezi příčnými tzužidly
20	100, 300, 1 000, 2 000	1, 2, 4, 5, 10
30	100, 150, 300, 1 000	1, 2, 6, 10
50	100, 150, 300, 1 000	2, 5, 10

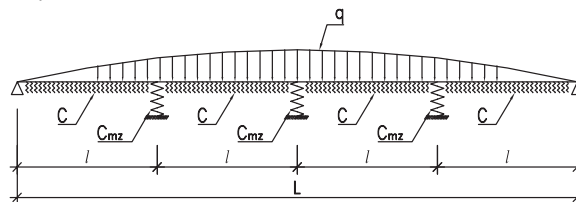
■ Odvození metody

V projekční praxi dosud běžně používaný zjednodušený postup výpočtu vázaného kroucení je založen na předpokladu, že dolní pásnice působí jako spojitý nosník pevně podepřený v místech příčných tzužidel a zatížený příčnou složkou normálového napětí v pásnici. Tato představa je samozřejmě velkým zjednodušením skutečného působení. V dizertační práci byla vytvořena přesnější metoda, ve které jsou obsaženy vlivy:

- zohlednění příčného zatížení vznikajícího ve stojině a působícího na dolní pásnici;
- zohlednění poddajnosti podepření dolní pásnice v místech příčných tzužidel;
- započítání svislého poddajného podepření plynoucího z ohybové tuhosti stojiny a svislých výztuh;
- zahrnutí vlivu geometrické nelinearity (II. řádu).

Metoda je založena na představě, že se dolní pásnice chová jako spojitý nosník na pružném podloží tuhosti C . Je zřejmé, že velikost příčného zatížení q , působícího na dolní

pásnici v důsledku zakřivení, závisí především na normálovém napětí v dolní pásnici, rozměrech pásnice a poloměru zakřivení. Tímto příčným zatížením se zatíží spojité nosník o N polích, uložený na pružném podloží tuhosti C a podepřený navíc pružnými podporami tuhosti C_{mz} v místech příčných tzužidel. Na tomto nosníku se určí průběh ohybových momentů M_c . Tuto představu znázorňuje obr. 5, kde L je rozpětí nosníku, l je vzdálenost příčných tzužidel a C_{mz} je tuhost mezilehlých příčných tzužidel.



Obr. 5. Model nosníku na pružném podloží

Celková tuhost podloží nosníku, která se skládá z ohybové tuhosti stojiny a ohybové tuhosti svislých výztuh stojiny, je dána vztahem

$$C = \frac{E_a \cdot t_w^3}{4 \cdot (1 - \nu_a^2) \cdot h_w^3} + \frac{3 \cdot E_a \cdot I_{ws}}{h_w^3 \cdot a}, \quad (3)$$

kde E_a je modul pružnosti oceli,

t_w – tloušťka stojiny,

h_w – výška stojiny,

ν_a – Poissonův součinitel (pro ocel $\nu_a = 0,3$),

a – vzdálenost svislých výztuh stojiny,

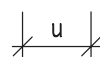
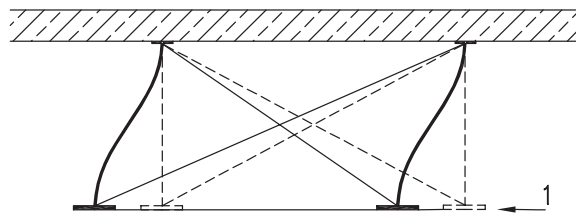
I_{ws} – moment setrvačnosti jedné svislé výztuhy k ose stojiny.

Výztuhy v místě mezilehlých příčných tzužidel se v tomto vzorci neuvažují.

Tuhost podpor v místě mezilehlých příčných tzužidel C_{mz} lze určit na zjednodušeném rovinném modelu jednoho tzužidla. To zatížíme jednotkovou silou a určíme vodorovný průhyb dolní pásnice u (obr. 6). Potom hledaná tuhost C_{mz} je dána vztahem

$$C_{mz} = \frac{1}{u} \cdot \frac{n-1}{n}, \quad (4)$$

kde n je počet nosníků. Vzhledem k tomu, že prvky příčného tzužidla jsou štíhlé, můžeme tzužidlo idealizovat pomocí příhradového modelu. Výpočet lze provést vhodným statickým programem nebo je možno využít pomůcku v programu Excel a program TRUSS, které jsou součástí [5].

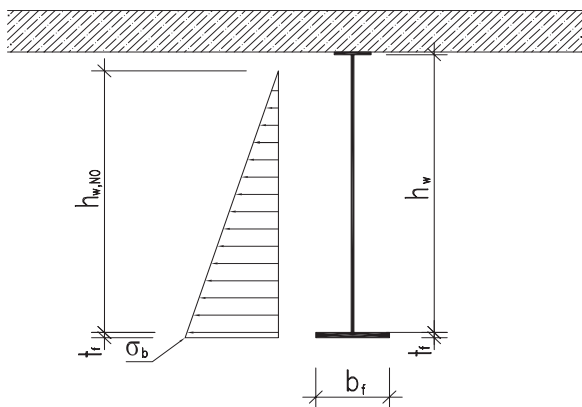


Obr. 6. Určení tuhosti příčného tzužidla

Velikost zatížení q závisí na velikosti normálové síly v dolní pásnici (resp. na výslednici normálového napětí způsobeného svislým ohybem v dolní pásnici), jak je vidět na obr. 7, a jeho střední hodnotu lze zjistit ze vztahu

$$q = \left(\frac{N_f}{R} + \frac{N_f \cdot h_{w,NO} \cdot t_w}{2 \cdot R \cdot b_f \cdot t_f} \right) \cdot k_{II}, \quad (5)$$

kde b_f je šířka pásnice,
 t_f – tloušťka pásnice,
 R – poloměr zakřivení nosníku,
 N_f – normálová síla v pásnici,
 $h_{w,NO}$ – vzdálenost neutrální osy od dolní pásnice, většinou lze uvažovat stejnou jako výšku stojiny h_w ,
 t_w – tloušťka stojiny.



Obr. 7. Příčný řez hlavním nosníkem

Příčné zatížení ze stěny nosníku se přenáší deskou mostovky a dolní pásnicí hlavního nosníku. Součinitel k_w udává poměr zatížení, které je přenášeno dolní pásnicí, k celkovému zatížení stojiny. Je dán vztahem

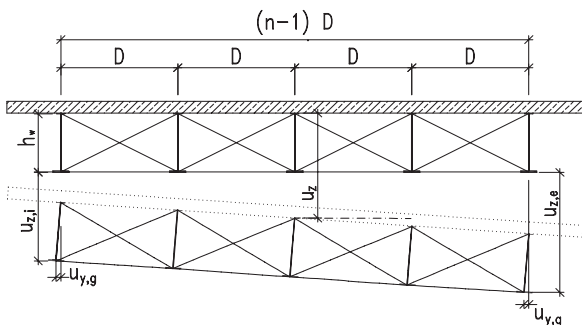
$$k_w = -0,0253 \cdot \frac{l}{h_w} + 0,6566. \quad (6)$$

Součinitel k_{II} vyjadřuje příznivý vliv geometrické nelinearity (teorie II. řádu) na snížení napětí od příčného ohybu. Lze vysvětlit tím, že příčnou deformací dolní pásnice dochází k jejímu „narovnávání“, zvětšuje se poloměr zakřivení a v důsledku toho se snižuje příčné zatížení. Jeho hodnota je nejvýše 1 a je dána vztahem

$$k_{II} = 0,8826 - 0,003122 \cdot L + 0,07449 \cdot \ln(N), \quad (7)$$

kde L je rozpětí počítaného nosníku a N počet úseků, na které dělí mezilehlá příčná ztužidla rozpětí nosníku. V oblasti, kde je dolní pásnice tlačena (vnitřní podpora spojitých mostů), se příznivý vliv druhého řádu neuplatní, a tedy součinitel $k_{II} = 1$.

Je zřejmé, že průběh příčného zatížení po délce nosníku odpovídá průběhu normálové síly v dolní pásnici. Proto je průběh zatížení q potřeba ve výpočtu zadat shodně s tvarem svislého ohybového momentu. Pouze v případě prostého nosníku a zatížení, které je blízké rovnoměrnému, lze průběh zatížení q zjednodušit a uvažovat jako parabolický.



Obr. 8. Celkové zkroucení příčného řezu

Na průběh příčného ohybového momentu v dolní pásnici má vliv nejen půdorysné zakřivení pásnice, ale také celkové

zkroucení příčného řezu (obr. 8). Po zatížení mostu dojde k průhybu konstrukce v ose mostu o hodnotu u_z a ke zkroucení o úhel α . To způsobí vodorovný příčný průhyb dolní pásnice o hodnotu $u_{y,g}$. Tento průhyb vyvodí na dolní pásnici přídatný ohybový moment M_g , který je nutno přičíst (s respektováním znaménka) k ohybovému momentu zjištěnému na nosníku na pružném podloží.

Moment M_g je dán vztahem

$$M_g = \frac{4 \cdot E_a \cdot t_f \cdot b_f^3 \cdot (u_{z,e} - u_{z,i}) \cdot h_w}{5 \cdot L^2 \cdot (n-1) \cdot D}, \quad (8)$$

kde $u_{z,i}$ je svislý průhyb krajního nosníku na vnitřní straně mostu,

$u_{z,e}$ – svislý průhyb krajního nosníku na vnější straně mostu,

n – počet nosníků v příčném řezu,

D – vzdálenost nosníků od sebe.

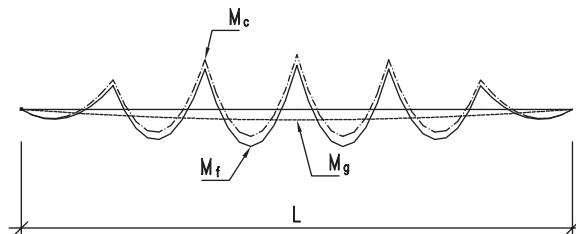
Ostatní veličiny byly již definovány.

Výpočet výsledného momentu od příčného ohybu dolní pásnice M_f je patrný z obr. 9. Jeho střední hodnota je dána vztahem

$$M_f = M_c + M_g, \quad (9)$$

kde M_c je ohybový moment vypočtený na nosníku na pružném podloží. Statistickým rozбором bylo zjištěno, že chceme-li získat hodnotu momentu M_f , která je s 95% pravděpodobností na straně bezpečné, musíme moment M_f vynásobit součinitelem $\gamma_k = 1,16$, tedy

$$M_{f,95} = 1,16 \cdot (M_c + M_g). \quad (10)$$



Obr. 9. Získání výsledného průběhu příčného ohybového momentu M_f

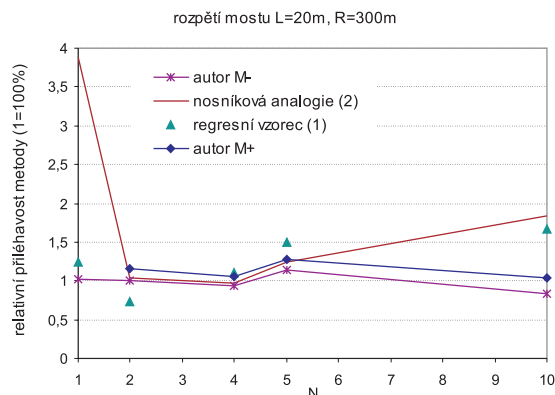
Na závěr zdůrazňujeme, že představenou metodu je možno použít pouze pro pružné výpočty mostů, jak plyne z použitých předpokladů.

■ Ověření výsledků metody

Nově odvozenou metodou bylo vypočteno napětí od příčného ohybu pro stejné typy konstrukcí, jaké byly použity v parametrické studii. Tyto výsledky byly porovnány jak s výsledky výpočtu na modelech PDS, tak i s výsledky příbližných vzorců (1) a (2), sloužícími pro odhad napětí od příčného ohybu. Na obrázku 10 je uvedeno jedno porovnání. Na svislé ose je zobrazen poměr napětí od příčného ohybu, zjištěného metodou (resp. příbližnými vzorci), k napětí zjištěnému výpočtem na modelu PDS. Jsou porovnána napětí jak v místě kladného ($M+$), tak i záporného ($M-$) příčného ohybového momentu.

Z porovnání je zřejmé, že výsledky získané novou metodou jsou velmi blízké výpočtu pomocí modelů PDS. Odchyly se většinou pohybují do 5 až 10 %. Porovnáme-li výsledky nové metody s výsledky obou příbližných vzorců, je zřejmé, že na rozdíl od nich nová metoda vystihuje chování konstrukce v plném rozsahu.

Výsledky metody byly také porovnány s modelem PDS spojitého mostu o dvou polích s parametry $L = 2 \times 30$ m, $R = 300$ m, $N = 6$. I v tomto případě bylo dosaženo velmi



Obr. 10. Porovnání metody s výsledky modelu PDS,
L = 20 m, R = 100 m

dobré shody. Je tedy možno konstatovat, že navržená metoda je dostatečně výstižná a je ji možno použít pro výpočet napětí od příčného ohybu v dolní pásnici zakřivených mostů o jednom i více polích.

Závěr

Předložený článek rekapituluje výsledky dizertace, jež se zabývá analýzou chování půdorysně zakřivených spřažených ocelobetonových mostů a vytvořením obecných podkladů pro jednoduchý návrh mostu s daným počtem příčných ztužidel. V rámci této práce byla vytvořena analytická metoda pro pružné statické hodnocení půdorysně zakřivených ocelobetonových mostů, která na základě zadaných parametrů určí hodnotu napětí v dolní pásnici ocelového nosníku od příčného ohybu, vznikajícího v důsledku zakřivení. Přiléhavost metody byla ověřena pomocí podrobné analýzy s použitím řady prostorových deskostěnových modelů. Uplatní se pro pružné výpočty všech mostů daného typu.

Pro jednoduché použití odvozené metody byla vytvořena pomůcka v programu Excel [5]. Dizertační práce zároveň obsahuje praktická doporučení pro volbu teoretického výpočetního modelu konstrukce a pro modelování půdorysně zakřivených spřažených ocelobetonových mostů s nosníky tvaru I pro statické a dynamické výpočty. Podrobnější informace, výsledky a závěry lze nalézt v [5] a na adrese <http://k134.fsv.cvut.cz/> v sekci doktorské práce.

Výzkum byl podporován granty ČVUT č. CTU0202011 a č. CTU0301711 a grantem č. 803/030/106 Ministerstva dopravy ČR.

Literatura

- [1] Davidson, J. S. – Keller, M. A. – Yoo, C. H.: Cross Frame Spacing and Parametrical Effects in Horizontally Curved I-Girder Bridges. Journal of Structural Engineering, 122(9), ASCE, 1996.
- [2] Nakai, H. – Yoo, C. H.: Analysis and Design of Curved Steel Bridges. New York, McGraw-Hill 1988.
- [3] Rotter, T. a kol.: Využití modální analýzy pro hodnocení mostních konstrukcí. Výroční zpráva o řešení projektu za rok 2001, ČVUT Praha, 2002.
- [4] Thevendran, J. Y. – Shanmugam, N. E. – Liew, R. – Chen, J. Y.: Experimental Study on Steel-Concrete Beams Curved in Plan. Engineering Structures, Vol. 22, No. 2, Elsevier 2000.
- [5] Ryjáček, P.: Půdorysně zakřivené ocelobetonové mosty. [Dizertace], ČVUT Praha, 2003.
- [6] ČSN P ENV 1991-3 Zásady navrhování a zatížení konstrukcí – Část 3: Zatížení mostů dopravou. ČSN, 1997.

Ryjáček, P. – Rotter, T.: Horizontally Curved Composite Bridges

The curvature of the main girders in horizontally curved composite bridges with I-shaped main girders deduces additional stresses from lateral bending in the bottom flange of the steel girder. They can achieve significantly high values. This paper shortly describes these stresses determined by a new method. The results of the method were compared with the results obtained from FEM models with good accuracy.

Ryjáček, P. – Rotter, T.: Grundrissmäßig gekrümmte Stahlbetonbrücken

Die Grundrisskrümmung der Hauptträger gekrümmter Stahl-Beton-Verbundbrücken mit I-Trägern ruft in Untergurt eine zusätzliche Spannung aus der Längsbiegung hervor, die erhebliche Werte erreichen kann. Im Artikel wird ein neues Verfahren zur Berechnung dieser Spannung beschrieben. Die Ergebnisse der Berechnung nach diesem Verfahren wurden mit den an räumlichen FEM-Modellen erhaltenen verglichen und erbrachten eine gute Übereinstimmung.

CBS

Česká betonářská společnost ČSSI

3. a 4. prosince 2003
Pardubice, Dům hudby

**Konference s mezinárodní účastí
10. BETONÁŘSKÉ DNY 2003
spojené s výstavou
BETON 2003**

konané pod záštitou
Mgr. Pavla Němce,
ministra pro místní rozvoj České republiky,
Bc. Miloslava Macely,
člena rady Pardubického kraje,
doc. Ing. Milana Veverky, CSc.,
prezidenta Svazu podnikatelů ve stavebnictví v ČR

www.cbz.cz

Spôľahlivosť zosilnenia betónových prvkov lamelami CFRP pri teplotách do 100 °C

doc. Ing. Sergej PRIGANC, CSc.
TU – Stavebná fakulta, Košice

Ing. Abulah ALARASHI, PhD., Eng.
Thamar University – Faculty of Engineering and Dams

prof. Ing. Ladislav FECKO, CSc.
Bratislava

Experimentálny program je zameraný na overenie vhodnosti použitia uhlíkových lamiel SIKA Carbo Dur (Carbon Fiber Reinforced Plastic) na zosilnenie železobetónových prvkov, ktoré už majú rozvinutý systém statických trhlin a sú v prevádzkach so zvýšenou teplotou. V tomto príspevku je predložená tá časť výsledkov experimentálneho programu, ktorá sa týka vplyvu teploty do 100 °C na objemové zmeny prvkov a spoľahlivosť spojenia lamiel s betónom.

Úvod

Spôsob zosilňovania železobetónových nosných prvkov dodatočným nalepením nekovovej výstuže na báze uhlíkových vlákien CFRP (Carbon Fiber Reinforced Plastic) sa stáva aj v našom stavebníctve aktuálnym, a to pre rôzne typy objektov. Vďaka výborným a spoľahlivým vlastnostiam lamiel CFRP a odporúčaného lepidla je možné dosiahnuť plnohodnotné zosilnenie (rovnocenné ocelevej výstuži) v ťahu aj tlaku. Vhodné materiály už sú na našom trhu k dispozícii, málo je však skúseností. Tento príspevok chce prispieť k rozšíreniu poznatkov v tejto oblasti a je podložený výsledkami skúšok vykonaných v rámci širšieho experimentálneho programu realizovaného na SvF TU v Košiciach.

Použili sme uhlíkové lamely SIKA Carbo Dur. Výrobca garantuje hornú hranicu trvalého teplotného zaťaženia hodnotou 60 °C. V praxi sa vyskytuje v rôznych prevádzkach aj vyššia teplota, a preto našim prvým cieľom bolo overiť správanie sa vystuženia SIKA Carbo Dur pri teplotách až do 100 °C.

Experimentálny program

Experimentálny program je zameraný na overenie vhodnosti použitia uhlíkových lamiel SIKA Carbo Dur na zosilnenie železobetónových prvkov, ktoré už majú rozvinutý systém statických trhlin a sú v prevádzkach so zvýšenou teplotou. V tomto príspevku predkladáme tú časť výsledkov experimentálneho programu, ktorá sa týka vplyvu teploty do 100 °C na objemové zmeny prvkov a spoľahlivosť spojenia lamiel s betónom. Jej výsledky sú využité v druhej časti programu, ktorá sa týka zmien statických vlastností nosných prvkov po zosilnení lamelami ako aj vplyvom zvýšených teplôt na tieto zmeny. Táto druhá časť bude spracovaná v osobitnom príspevku.

Pre prvú časť skúšok sme zvolili betónové vzorky s rozmermi 150 x 150 x 600 mm, t. j. hranoly, aké sa štandardne užívajú na skúšku v ťahu za ohybu. Počty vzoriek, ich ozna-

čenia, vystuženie a teplotné zaťaženia uvádzame v tab. 1.

Vzorky, ktoré boli vystužené, mali dve priame vložky (bez koncových úprav) z ocele 10 425 (V) s priemerom 10 mm, čo odpovedá stupňu vystuženia 0,00698. Pri zaťažovacej schéme podľa obr. 11 nezodpovedala kotevná dĺžka vložiek normovým požiadavkám, čo ovplyvnilo charakter porušenia. Tým sa však dosiahol zámer – odskúšať lamely v šmykovej oblasti.

Údaje o použitých materiáloch

Na výrobu betónovej zmesi sme použili andezitové drvené kamenivo z lokality Trebejov. Receptúra na 1 m³ zmesi [kg]:

portlandský cement	425
kamenivo 0–4 mm	865
4–8 mm	393
8–16 mm	593
sioxid	32
superplastifikátor MELMET 40	5,6
voda [l]	176

Priemerná pevnosť zistená na šiesti kockách s rozmermi 150 x 150 x 150 mm bola po 28 dňoch od ich výroby $R_{bk28} = 43,7$ MPa. Priemerný modul pružnosti zistený na šiesti hranoloch s rozmermi 150 x 150 x 400 mm bol po 28 dňoch od ich výroby $E_{b28} = 35,2$ GPa. Po 32 dňoch od výroby a po dosiahnutí teploty 100 °C mali tieto veličiny hodnoty $R_{bk32,100} = 36,5$ MPa, $E_{b32,100} = 18,7$ GPa.

Výstužné vložky boli z ocele triedy 10425 (V), ťahová pevnosť $R_{sd} = 375$ MPa a modul pružnosti $E_s = 210$ GPa. Betónové vzorky sme zhutňovali na vibračnom stole. Po dvoch dňoch vlhkého ošetrovania sme ich odformovali a uložili do klimatizovanej komory s parametrami mikroklimy: teplota 22 ± 3 °C, relatívna vlhkosť 80 ± 10 %. Na zosilnenie sme použili uhlíkové lamely CFRP široké 50 mm, ktoré majú modul pružnosti 150 GPa, Poissonovu konštantu 0,023 a ťažnosť 1,4 %.

Na prilepenie lamiel na betón sme použili epoxidové lepidlo Sikadur 30, dodávané v dvoch zložkách. Výrobca udáva pevnosť v tlaku 100 MPa, súdržnosť s betónom väčšiu ako 4 MPa a modul pružnosti 12,8 GPa. Vzorky sme na lepenie lamiel pripravili podľa pokynov výrobcu. Povrch sme vybrúsili, očistili prostriedkom Colma, naniesli sme asi 1 mm hrubú vrstvu lepidla, nanesené lamely sme pritlačili dvoma doštičkami pomocou svorníkov až do zatvrdnutia lepidla (dva dni).

Druhy skúšok

Z 24 vzoriek prvej časti experimentálneho programu bola polovica zosilnená lamelami. K analýze spoľahlivosti

Tab. 1. Označenia, charakteristiky a účel vzoriek

Počet vzoriek	Označenie	Vystuženie	Zosilnenie (CFRP)	Tepelné zaťaženie	Statická skúška po dosiahnutí teploty
				[°C]	
2	A1,A2	2ØV 10 mm		40	40
2	A3,A4	2ØV 10 mm		40, 60	60
2	A5,A6	2ØV 10 mm		40, 60, 80	80
3	A7 až A9	2ØV 10 mm		40, 60, 80,100	
3	A10 až A12	nevystužené		40, 60, 80, 100	
2	A13,A14	2ØV 10 mm	na stranách	40	40
2	A15,A16	2ØV 10 mm	na stranách	40, 60	60
1	A17	2ØV 10 mm	na stranách	40, 60, 80	80
2	A18,A19	2ØV 10 mm	na stranách	40, 60, 80, 100	100
2	A20,A21	2ØV 10 mm	na stranách aj na spodku	40, 60	60
3	A22 až A24	nevystužené	na spodku	40, 60, 80, 100	

prilepenia lamiel k betónu vzorky (za štandardnej aj zvýšenej teploty) bolo prospešné sledovať aj objemové zmeny v uvedených podmienkach. K tomu sme volili nasledujúci postup:

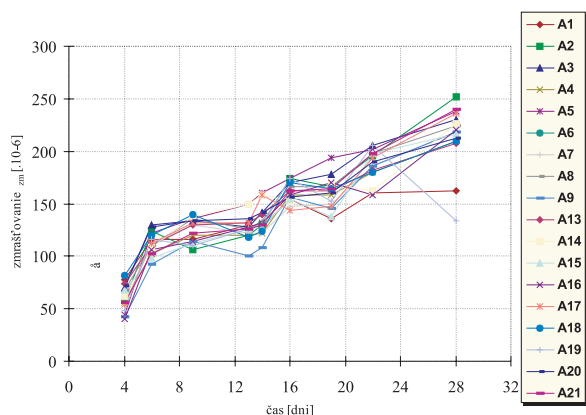
- dobu dozrievania vzoriek do 28 dní od výroby sme využili na meranie zmrašťovania;

- v ďalších dňoch sme počas procesu zvyšovania teploty sledovali dĺžkové zmeny vzoriek;

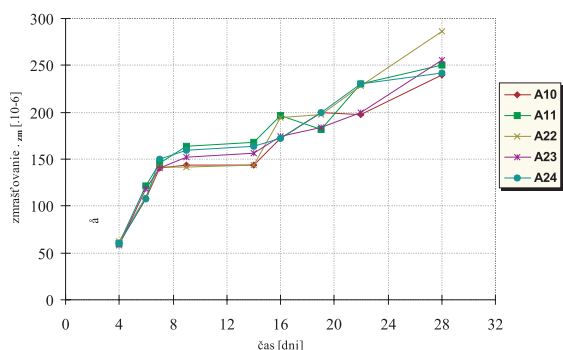
- po dosiahnutí určených konečných teplôt nasledovala deštruktívna skúška vzoriek.

Meranie dĺžkových zmien sme robili na základniach dlhých 250 mm umiestnených na všetkých vzorkách v pozdĺžnej osi bočných stien (z pohľadu výroby aj skúšky). Použili sme k tomu prístroj typu Huggenberger s citlivosťou 1/1 000 mm.

Vo vzorkách, ktoré boli na jednej strane vystužené dvoma vložkami, išlo o tzv. viazané zmrašťovanie, pri ktorom vznikajú v telese napätia (v betóne aj vo výstuži) a v dôsledku nesymetrie dochádza aj ku zakriveniu vzorky. Uvedená poloha základní umožnila vypočítať pretvorenie v osi hranola.



Obr. 1. Zmrašťovania vystužených vzoriek v prvých 28 dňoch



Obr. 2. Zmrašťovania nevystužených vzoriek v prvých 28 dňoch

Výsledky skúšok zmrašťovania

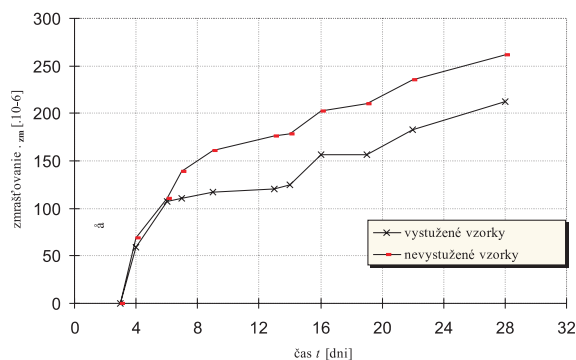
Namerané priebehy zmrašťovania do 28 dní od vybetónovania sú graficky znázornené na obr. 1 (vystužené vzorky) a obr. 2 (nevystužené vzorky) a priemery v oboch skupinách vzoriek na obr. 3. Rozdiely v priebehu oboch priemerných grafov vyplývajú z viazanosti zmrašťovania vystužených vzoriek.

Výsledky skúšok teplotnej dilatácie

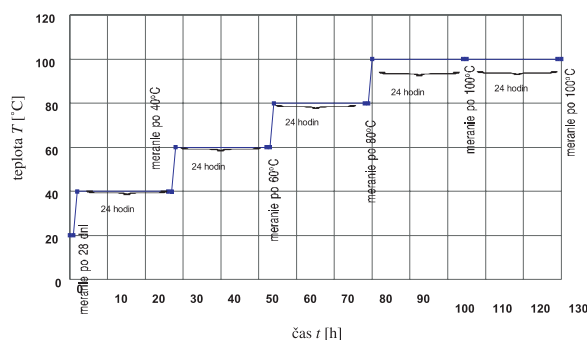
Po 28 dňoch sme pristúpili so všetkými vzorkami k meraniu dĺžkových zmien pri zvýšených teplotách. Vzorky zosilnené lamelami sme merali až po zatvrdnutí lepidla, čo znamenalo voči nezosilneným vzorkám časový posun dvoch dní. Harmonogram časového priebehu zvyšovania teploty a merania je znázornený na obr. 4.

Teplotné stupne boli: základná 20, ďalšie 40, 60, 80, 100 °C. Vzorky boli ohrievané v zariadení Feutron. Plynulé zvyšovanie z jedného teplotného stupňa na vyšší (t. j. o 20 °C) trvalo jednu hodinu. Dosiahnutý teplotný stupeň sa potom udržiaval počas 24 hodín, aby vzniklo homogénne teplotné pole. Dĺžkové zmeny sme merali na konci každého teplotného stupňa tak, že sa vzorka k tomu vybrala z Feutronu. Bolo to nutné z technických dôvodov, netrvalo to však nikdy viac ako 5 minút, takže pokles teploty bol minimálny.

Vzorky končiace deštruktívnou skúškou na niektorom z teplotných stupňoch absolvovali merania aj na všetkých nižších stupňoch (tab. 1). Meralo sa na tých istých základniach a s tými prístrojmi ako zmrašťovanie do 28. dňa. Dĺžkové zmeny nevystužených, vystužených a zosilnených vzoriek v prvej časti experimentálneho programu je dôležité

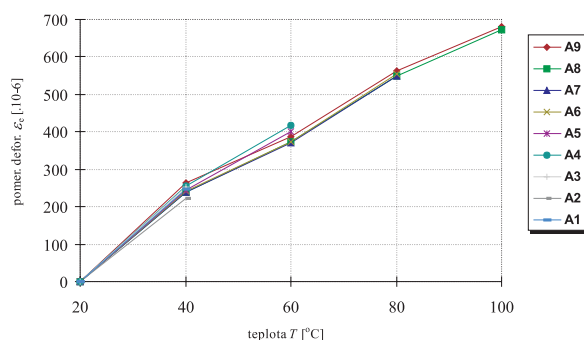


Obr. 3. Porovnanie zmršťovania betónu v prvých 28 dňoch



Obr. 4. Harmonogram časového priebehu merania

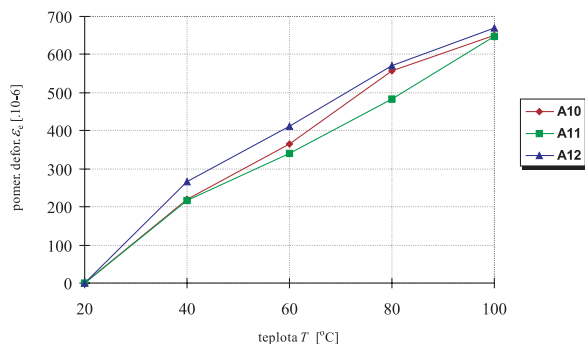
poznat pre správne interpretovanie meraní v druhej časti experimentálneho programu pri statických skúškach na rôznej teplotnej hladine. Hodnoty získané meraniami sú znázornené na obr. 5 až obr. 8. V našom programe sme nerobili doplnujúce skúšky, ktoré by umožnili separovať teplotné zmršťovanie a vlastnú teplotnú dilatáciu. V grafoch pod pojmom dĺžkové zmeny (dilatácie) pri zvýšených teplotách treba rozumieť súčet vplyvov oboch javov. Z priebehu je možné konštatovať, že najväčšie dilatácie sú namerané na vzorkách zosilnených, rozdiely sú však malé a môžu byť spôsobené aj prirodzeným rozptylom materiálových charakteristík vzoriek.



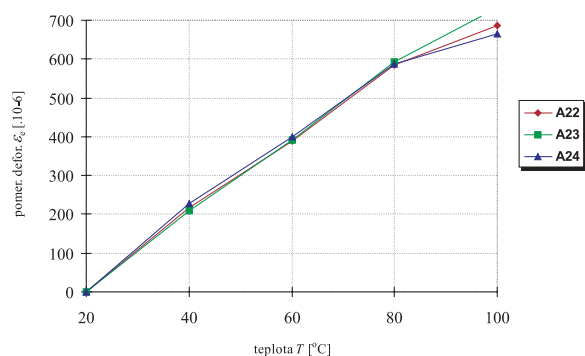
Obr. 5. Dĺžkové zmeny nezosilnených vystužených vzoriek pri zvýšených teplotách

Pri teplote 100 °C sme na vystužených a zosilnených vzorkách pozorovali mikrotrhliny. Ich pôvod môžeme vysvetliť rozdielnymi súčiniteľmi teplotnej rozťažnosti ocele a betónu, čo môže pri takej teplote už vyvolať v povrchových oblastiach betónu ťahové napätie prekračujúce pevnosť.

Z troch závislostí znázornených na obr. 8 (vystužené nezosilnené, nevystužené zosilnené i nezosilnené) sme uro-



Obr. 6. Dĺžkové zmeny nezosilnených nevystužených vzoriek pri zvýšených teplotách



Obr. 7. Dĺžkové zmeny zosilnených nevystužených vzoriek pri zvýšených teplotách

bili priemernú závislosť, nakoľko rozdiely medzi nimi boli malé. K takto získanej experimentálnej závislosti sme našli aproximačnú funkciu, ktorej plne vyhovovala parabola 2°. Obe tieto čiary máme vynesené na obr. 9 a je tam uvedená aj rovnica aproximačnej funkcie.

Tu a v ďalších riadkoch uvedené veličiny majú označenia:

- T – teplota [°C];
- T_1 – východzia teplota;
- T_2 – konečná hodnota;
- $\varepsilon_e(T_1, T_2)$ – celkové pomerné predĺženie (súčet teplotného zmršťovania a teplotnej dilatácie) namerané pri ohriatí z teploty T_1 na T_2 ;
- $\varepsilon_a(T_1, T_2)$ – celkové pomerné pretvorenie podľa aproximačnej funkcie pri ohriatí z teploty T_1 na T_2 ;
- $\varepsilon_z(T_1, T_2)$ – pomerné pretvorenie od teplotného zmršťovania pri ohriatí z teploty T_1 na T_2 ;
- $\varepsilon_d(T_1, T_2)$ – pomerné pretvorenie od teplotnej dilatácie pri ohriatí z teploty T_1 na T_2 ;
- $\alpha(T)$ – súčiniteľ teplotnej dilatácie je funkciou T ;
- $\omega_d(T)$ – lokálny (dotyčnicový) súčiniteľ celkovej dilatácie je funkciou T ;
- $\omega_s(T_1, T_2)$ – úsekový (sečnicový) súčiniteľ celkovej dilatácie pri zvýšení teploty z T_1 na T_2 .

Podľa vyššie uvedeného označenia platí

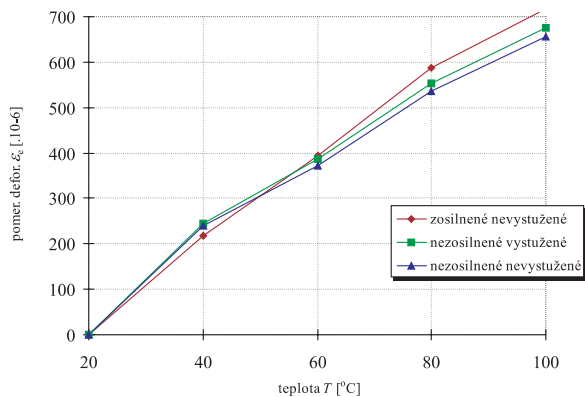
$$\varepsilon_e(T) = \varepsilon_z(T) + \varepsilon_d(T).$$

Pre naše merania od východzej teploty $T_1 = 20$ °C odvodená aproximačná funkcia má tvar

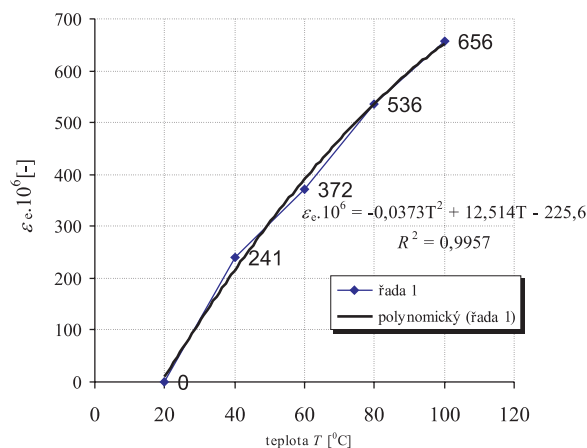
$$\varepsilon_a(T) = -0,0000000373 \cdot T^2 + 0,00001251 \cdot T - 0,0002256$$

a jej derivácia

$$\varepsilon'_a(T) = -0,0000000746 \cdot T + 0,00001251.$$



Obr. 8. Dĺžkové zmeny všetkých vzoriek pri zvýšených teplotách



Obr. 9. Aproximovanie experimentálnych hodnôt

Pre predĺženie tyče s dĺžkou L pri ohriatí od dT platí vo fyzike

$$\Delta L = \alpha \cdot \Delta T \cdot L,$$

z toho

$$\epsilon = \Delta L / L = \alpha \cdot \Delta T.$$

Súčiniteľ teplotnej rozťažnosti ΔT nie je v skutočnosti konštantou, je funkciou teploty T .

Priemerná hodnota súčiniteľa za úsek od T_1 do T_2 (sečnicová) hodnota (obr. 10)

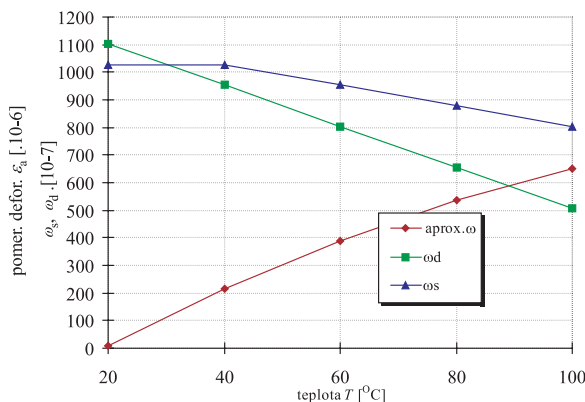
$$\alpha_s(T_1, T_2) = \Delta \epsilon_{d,T_1,T_2} / \Delta T,$$

$$\Delta T = T_2 - T_1,$$

$$\Delta \epsilon_{d,T_1,T_2} = \epsilon_{d,T_2} - \epsilon_{d,T_1}.$$

Lokálna (dotyčnicová) hodnota

$$\alpha_d(T) = d\epsilon_d / dT.$$



Obr. 10. Aproximovanie experimentálnych hodnôt ω

Pre predĺženie betónovej vzorky pri ohriatí o ΔT v našich experimentoch, kde sme neseparovali teplotné zmršťovanie, platia obdobné matematické vzťahy, iba že ide o dĺžkové zmeny od súčtu oboch vplyvov (zmršťovania a teplotnej dilatácie). Prakticky tak to prebieha aj v bežných prípadoch v praxi, ak neide o vzorku dokonale vysušenú. Pri ohrievaní betónu do 100 °C ide o urýchlené zmršťovanie, je to proces, v ktorom ide hlavne o vyparovanie vody v póroch. Pri dokonale vysušenej vzorky tento proces už nenastáva.

Ak súčiniteľ celkovej dilatácie (zahrňujúci oba javy) nazveme ω , bude jeho úseková, resp. lokálna hodnota

$$\omega_s(T_1, T_2) = \Delta \epsilon_{d,T_1,T_2} / \Delta T,$$

resp.

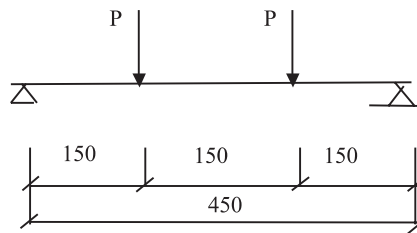
$$\omega_d(T) = d\epsilon_d / dT.$$

Na obrázku 10 je znázornený aproximovaný priebeh z našich experimentov uvedený aj na obr. 9, ale je doplnený o priebehy súčiniteľov ω dotyčnicových (lokálnych) i sečnicových (úsekových). Ich vypočítané hodnoty sú uvedené v tab. 2.

Tab. 2. Namerané a aproximované hodnoty pomerných predĺžení a lokálne a úsekové súčinitele celkovej teplotnej dilatácie ($T_1=20$ °C)

T [°C]	Celkové pomerné predĺženie [-]		Súčiniteľ celkovej dilatácie [°C ⁻¹]	
	$\epsilon_c(T)$	$\epsilon_a(T)$	$\omega_d(T)$	$\omega_s(T)$
20	0,000 000	0,000 0097	0,000 01102	0,000 01027
40	0,000 241	0,000 2149	0,000 00953	0,000 01027
60	0,000 372	0,000 3908	0,000 00803	0,000 00953
80	0,000 536	0,000 5368	0,000 00654	0,000 00879
100	0,000 656	0,000 6528	0,000 00505	0,000 00804

Tieto skúšky a výsledky môžeme považovať za informatívne, pretože metodika nezodpovedala nárokom na presnosť. Vzorky počas merania mierne ochladli, mieru ovplyvnenia súčiniteľa rozťažnosti sme neanalyzovali, korekcie nameraných hodnôt sme nezavádzali.



Obr. 11. Schéma zaťaženia a pohľad na skúšku trámca

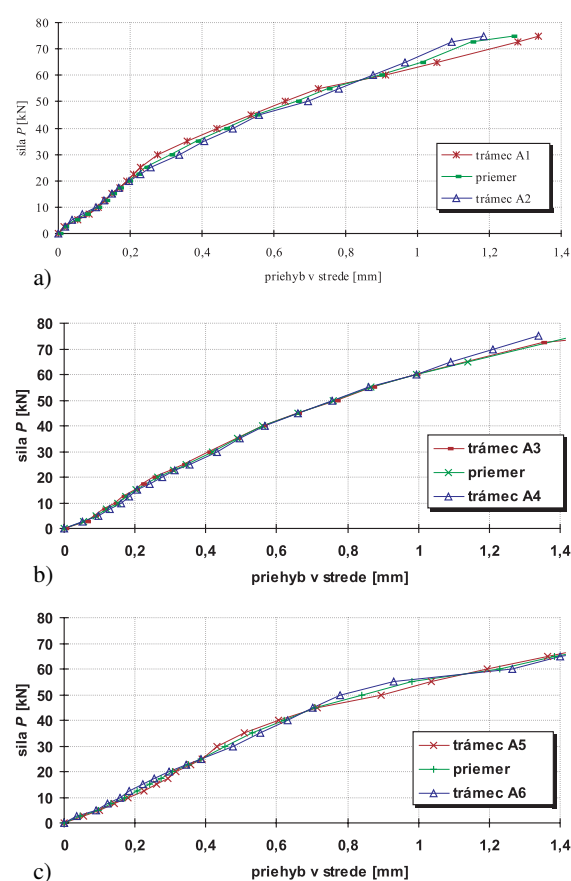
Skúšky spoľahlivosti spojenia lamiel s betónom pri zvýšených teplotách

Vzorky vystužené zosilnené aj nezosilnené (okrem vzoriek A7,8,9) sme na záver zaťažovali až do porušenia. Statická a zaťažovacia schéma je na obr. 11.

Teplotný stupeň pri statickej skúške jednotlivých vzoriek je uvedený v tab. 1. Ide o skúšku s krátkym šmykom, je to teda prísna skúška spoľahlivosti spojenia. Tieto skúšky sme zamerali na overenie vplyvu zvýšených teplôt na spoľahlivosť spojenia lamely CFRP s betónom pomocou epoxidového lepidla. Zlyhávanie lepidla pri vyšších teplotách znižuje využiteľnosť kvality lamely. Americké normy odporúčajú použiť epoxidové lepidlá iba do 65 °C (150 °F) a výrobca nami používaného lepidla odporúča ho použiť maximálne do 60 °C. V súlade so zámerom použiť zosilnenia aj

pri vyšších teplotách sme odskúšali vzorky až po hodnotu 100 °C, a to podľa harmonogramu uvedeného na obr. 5.

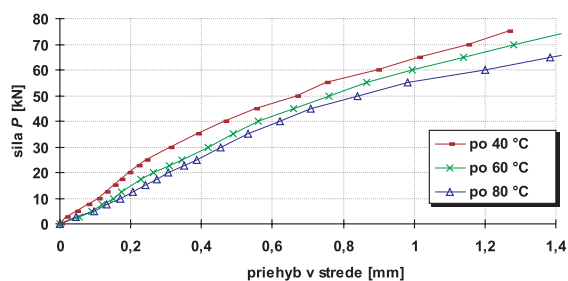
Po 28 dňoch od vybetónovania boli vzorky zaťažované zvýšenou teplotou. Vytvorili sme dvojice s rovnakým absolvovaným procesom teplotného zaťažovania. Líšili sa konečnou teplotou, pri ktorej sme vykonali aj statickú skúšku. Boli to teploty 40, 60, 80 a 100 °C, ako je to uvedené v poslednom stĺpci tab. 1. Vlastná skúška prebiehala vždy po vybratí zo zariadenia Feutron (skončila do 15 minút), t. j. po nejakom (nezisťovanom) poklese priemernej teploty v objeme vzorky. Snaha o urýchlené prebrehnutie skúšky obmedzila možnosti štandardnej prípravy vzoriek pre skúšku (sadrovanie v uložení a pod.), čo čiastočne ovplyvnilo prvé namerané hodnoty (kým vzorka plne dosadla v uložení). Pre zisťovanie vplyvu zosilnenia sme pre porovnanie mali vždy aj dve vzorky nezosilnené s rovnakým teplotným aj statickým zaťažovaním.



Obr. 12. Závislosti priehybu f v strede rozpätia nezosilnených trémcov od sily P
a – po 40 °C, b – po 60 °C, c – po 80 °C

Výsledky – získané závislosti priehybu v strede rozpätia od zaťaženia pre nezosilnené vzorky sú znázornené na obr. 12 až obr. 18. Na obrázkoch 12a až 12c sú znázornené priebehy získané na vzorkách odskúšaných pri 40, 60 alebo 80 °C, a to pre každý člen dvojice zvlášť ako aj ich priemerná hodnota. Pre porovnanie sú vynesené tieto priemerné priebehy v jednom grafe na obr. 13. Z nich je vidieť nezanedbateľný vplyv teplotného zaťaženia na tuhosť charakteristiku nezosilnenej vzorky. Porušenie nastalo po dosiahnutí medznej sily $P = 70$ kN.

Na obrázkoch 14a až 14d sú podobné priebehy pre vzorky zosilnené po stranách lamelami CFRP (ako náhrada za strmienky, nakoľko sa nezosilnené porušovali šmykom). Tieto



Obr. 13. Priemerné závislosti priehybu f v strede rozpätia z obrázkov 12 a, b, c

vzorky sa porušovali už ohybom pri zaťažení $P = 75$ kN, čo je hodnota len o málo vyššia ako u nezosilnených vzoriek. Charakter priebehov tuhostí a záverečných porušení však svedčí o tom, že zvýšené teploty nemali významný vplyv na namerané hodnoty a že teda spojenie lamely s betónom bolo stále plne funkčné. Vzorky sme odskúšali pri 40, 60, 80 alebo 100 °C. Na porovnanie sú získané priemerné priebehy uvedené v spoločnom grafe na obr. 15.

Na obrázku 16 je vynesovaný pracovný diagram dvoch vzoriek, ktoré boli zosilnené lamelami aj na spodnom povrchu. Tým sa dosiahlo zvýšenie momentovej únosnosti na hodnotu, ktorá odpovedá zaťažovacej sile 90 kN (t. j. zvýšenie o cca 30 %). Zaťažované boli po dosiahnutí 60 °C a následnom ochladení na teplotu prostredia v laboratóriu. Zvýšenie momentovej únosnosti malo za následok, že porušenie vzorky nastalo vyčerpaním šmykovej únosnosti.

Tvary všetkých kriviek v uvedených grafoch naznačujú priaznivý fakt, že ani teplota 100 °C neovplyvnila spoľahlivosť zosilnenia vzorky lamelami, vzorky sa správali po stránke tuhostnej obdobne ako vzorky nezosilnené. Tým by sa mohla otvoriť otázka teplotnej hranice garantovanej výrobcom.

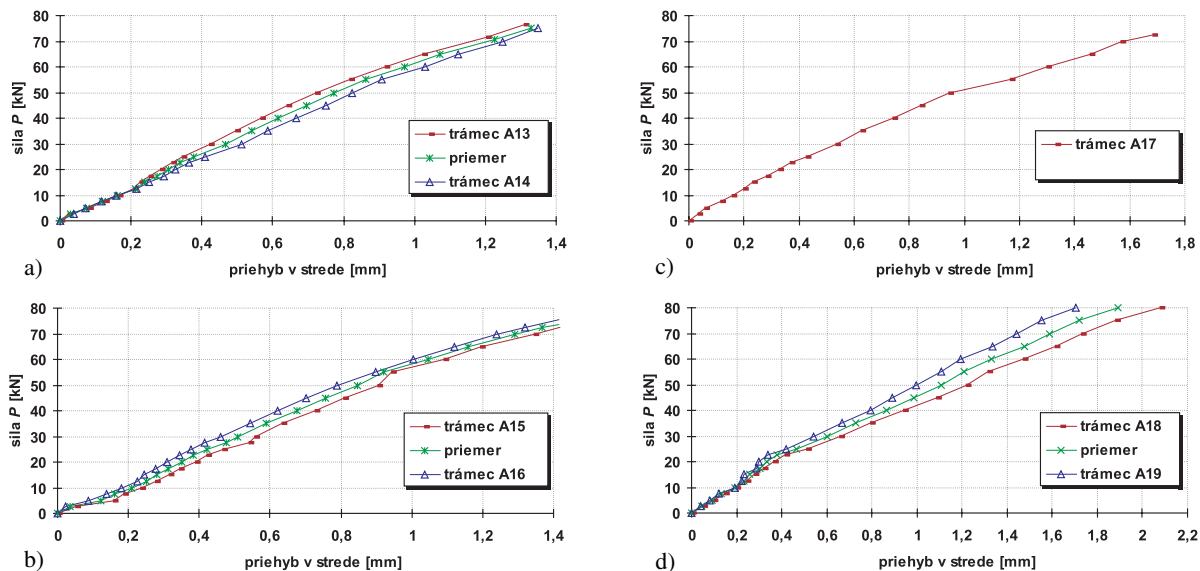
Záver

V tejto časti experimentov sme sledovali spoľahlivosť lepidla Sikadur-30 spojujúceho lamely (s vláknami CFRP) s betónom pri rôznych teplotách do 100 °C. Odporúčania výrobcu ako aj niektorých noriem aplikovať tento spôsob zosilnenia iba do 60 °C môžeme z hľadiska dosiahnutých výsledkov považovať za príliš opatrné. Ani v jednom prípade nedošlo k zlyhaniu spojenia pri zvýšených teplotách.

Spôsob zaťažovania vzoriek sme volili tak, aby u nezosilnených vzoriek dochádzalo k porušeniu šmykom (krátke šmykové rozpätie). Polovica vzoriek, ktorá bola lamelami zosilnená na šmyk (v smere obvyklých šikmých ohybov výstuže, lamely križovali šmykové trhliny), bola takto podrobená prísnej skúške na súdržnosť lamely s betónom. Tieto vzorky sa už porušovali ohybom. Na pracovných diagramoch zosilnených vzoriek nie je pozorovateľný významnejší vplyv absolvovaného teplotného zaťaženia, čo všetko svedčí o plnohodnotnom pôsobení lamiel i lepidla aj pri najvyšších použitých teplotách. Bolo by preto prospešné uvažovať o zvýšení hornej teplotnej hranice pre aplikácie, pravda, po vykonaní potrebných skúšok so štatistickým vyhodnotením.

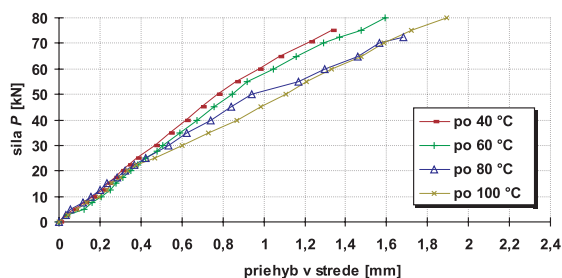
Literatúra

[1] Propagačné materiály fy SIKA. 1996–2003.

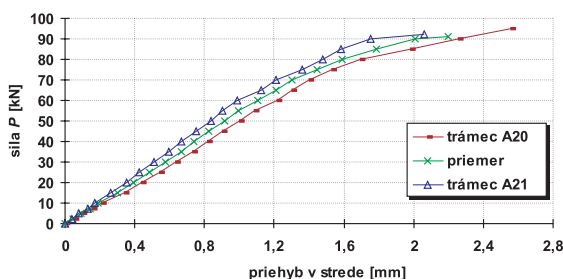


Obr. 14. Závislosti priehybu f v strede rozpätia zosilnených trémcov od sily P

a – po 40 °C, b – po 60 °C, c – po 80 °C, d – po 100 °C



Obr. 15. Priemerné závislosti priehybu f v strede rozpätia od sily P zosilnených trémcov po 40, 60, 80 a 100 °C



Obr. 16. Závislosti priehybu f v strede rozpätia od sily P trémcov zosilnených po stranách aj na spodku

Priganc, S. – Alarashi, A. – Fecko, L.: Strengthening Reliability of Reinforced Concrete Elements with Composite Fabrics CFRP by Temperatures to 100 °C

The described experimental research programme deals with verification of suitable application of SIKA Carbo Dur Composite Fabrics CFRP (Carbon Fiber Reinforced Plastic) for the strengthening of concrete elements. These elements demonstrate a system of static failures, mostly breaches (cracks, splints, rents), and can be found in overheated services with raised temperatures. One part of the results of this experimental research, presented in this article, deals with the influence of temperature to 100 °C on volume changes and reliability of strengthening composite fabrics with concrete mass.

Priganc, S. – Alarashi, A. – Fecko, L.: Zuverlässigkeit der Verstärkung von Stahlbetonelementen mit CFRP-Lamellen bei Temperaturen bis zu 100 °C

Das experimentelle Programm „CFRP“ ist auf die Eignung der Anwendung von Kohlenstoff-Lamellen SIKA Carbo Dur (Carbon Fiber Reinforced Plastic) zur Verstärkung von Stahlbeton-Elementen ausgerichtet, die bereits ein entwickeltes System statischer Risse aufweisen. In diesem Beitrag wird der Teil der Ergebnisse des experimentellen Programms vorgestellt, der den Einfluss einer Temperatur bis zu 100 °C auf die Volumenänderungen der Elemente und die Zuverlässigkeit der Verbindung der Lamellen mit dem Beton betrifft.

inovace 2003

2. – 5. prosince
www.aipcr.cz

- 10. ročník mezinárodního symposia INOVACE 2003
- 10. ročník veletrhu invencí a inovací
- 8. ročník Ceny Inovace roku 2003

Vliv teploty na pevnost betonu užitého při stavbě kontejnmentu jaderné elektrárny Temelín

Ing. Tomáš ZADRAŽIL
 prof. František VODÁK, DrSc.
 doc. Ing. Karel TRTÍK, CSc.
 ČVUT – Fakulta stavební
 Praha

Článek popisuje vliv teploty na vybrané vlastnosti betonu. Jde o pevnost betonu v prostém tlaku, v příčném tahu a v tahu za ohybu. Zatěžování teplotou je v rozmezí 20 až 1 000 °C. Je zkoušen beton starý 90 a 180 dní. Jsou diskutovány příčiny zpevnění betonu starého 90 dní v rozmezí teplot 200 až 400 °C.

Úvod

Beton jako materiál moderní společnosti je jedním z nejrozšířenějších produktů lidské činnosti. S jeho aplikací se setkáváme v podstatě na každém kroku. Vznikne zatvrdnutím pojiva ve směsi kameniva a dalších složek v umělý kámen s určitou pevností. Jeho pevnost závisí především na pevnosti zatvrdlého cementového gelu a na soudržnosti se zrní hrubého kameniva.

U většiny konstrukcí navržených pro teploty -20 až +30 °C vyhovuje konstantní pevnost betonu. Jsou však konstrukce, např. jaderná elektrárna Temelín, u které se nedá vyloučit vyšší teplota. Například projektová havárie „velký únik“ předpokládá v hermetické oblasti teplotu 150 °C po dobu deseti hodin. Při ještě rozsáhlejších haváriích pak může jít i o teploty vyšší. Závislost pevnosti v tlaku, příčném tahu a v tahu za ohybu na teplotě budeme proto studovat v intervalu teplot 20 až 1 000 °C.

Popis experimentu

■ Složení cementu a betonu

Vliv jednotlivých složek cementu na pevnost [1]:

- *tricalcium silicat* (*alit*) s vodou tuhne zvolna, ale podílí se velkou měrou na růstu pevnosti portlandského cementu, hlavně v počáteční době tvrdnutí (do 28 dnů). Při slučování s vodou uvolňuje hydratační teplo 502,4 J/g. V portlandském cementu 42,5 je ho 68,5 % hmotnosti;

- *dicalcium silicat* v portlandském cementu 42,5 je ho 11,6 % hmotnosti. Vyskytuje se v modifikacích:

- α (*belit*) – vzniká při rychlém chlazení slínek, uvolňuje 251,2 J/g tepla,

- β (*felit*) – vzniká při pomalém chlazení slínek,

- γ – napomáhá rozpadu slínek, je zanedbatelná;

- *tricalcium aluminat* se s vodou slučuje okamžitě, proto se musí ke slínku přimílat sádrové střepey nebo sádrovec. Při slučování s vodou vzniká značné množství hydratačního tepla 908,5 J/g. Bývá ho v portlandském cementu 42,5 kolem 7,4 % hmotnosti;

- *tetracalcium alumino ferrit* (*celit*) uvolňuje hydratační teplo 418,7 J/g. Ve slínku portlandského cementu 42,5 ho bývá obsaženo 11,5 % hmotnosti. S vodou tuhne rychle, není hydraulický, tzn. netuhne pod vodou, nabývá jen menší pevnosti. Vzrůst pevnosti i po dlouhé době, ale jen v suchém prostředí.

Zkoušky vlivu stárnutí probíhaly na trámcích 100 x 100 x 400 mm vyrobených v technologické hale Experimentálního centra Fakulty stavební ČVUT. Kamenivo a cement byly odměřovány na vahách s přesností 0,1 kg. Záměsová voda byla připravena v odměrných válcích. Sypké přísady a příměsi byly odměřovány na laboratorních vahách s přesností 0,01 kg. Přesnosti dávkování byla věnována maximální pozornost s jednoznačným cílem vyloučení chyby. Při dávkování se používalo kamenivo dlouhodobě skladované v prostředí s nízkou relativní vlhkostí, takže šlo o kamenivo s minimálním podílem vlhkosti. Betonová směs se připravovala v laboratorní míchačce s nuceným oběhem. Při konstantním postupu vkládání složek do míchačky i časovém harmonogramu míchání byl objem směsi ve všech případech shodný. Cílem bylo získat ve všech případech betonovou směs shodné homogenity.

Výsledkem přesně dodržovaného postupu byla konstantní jakost betonové směsi ve všech záměsech. Bez splnění tohoto předpokladu by nebylo možné dosáhnout přijatelné stejnorodosti betonů ve zkušebních tělesech. Experimentální program byl realizován na tělesech velikosti 100 x 100 x 400 mm. Směs se ukládala ručně zednickými lžicemi současně do tří ocelových forem a dále se hutnila na vibračním stole. V magneticky přichycených formách se beton hutnil po dobu 1 minuty. Po urovnání a očištění vnějšího povrchu byly jednotlivé vzorky zváženy. Při předem známé hmotnosti jednotlivých forem posloužil tento postup ke kontrole stejnoměrnosti objemové hmotnosti čerstvého betonu v jednotlivých tělesech, a tudíž i ke kontrole jejich hutnosti. Je třeba připomenout, že v této fázi ještě nejsou přesně známé rozměry zkušebních těles – jejich šířka a

Tab. 2. Složení 1 m³ betonové směsi

Tab. 1. Složení portlandského cementu 42,5

Chemický název	Hmotnost [%]	Chemická formule	
		úplná	zkrácená
tricalcium silicat	69,0	3CaO.SiO ₂	C ₃ S
dicalcium silicat	11,9	2CaO.SiO ₂	C ₂ S
tricalcium aluminat	7,5	3CaO.Al ₂ O ₃	C ₃ A
tetracalcium alumino ferrit	11,6	4CaO.Al ₂ O ₃ Fe ₂ O ₃	C ₄ AF

Složka	Hmotnost	
	[kg]	[%]
cement	499,0	20,72
voda	215,0	8,93
plastifikátor	2,8	0,12
kamenivo		
0 – 4	705,0	29,27
8 – 16	460,0	19,09
16 – 32	527,0	21,87

délka jsou známy poměrně přesně (jsou dány rozměry forem), výška však v okamžiku dokončení výroby známa není. Skutečné rozměry, ovlivněné odchylkou při nedokonalém naplnění (v řádu milimetru, častěji jen ve zlomku milimetru), lze zjistit až po odbednění. Překrytí polyetylenovou fólií zabránilo nadměrnému úniku vody z povrchové plochy zkušební tělesa. Přibližně po šesti hodinách byly vzorky ve formách nejprve překryty navlhčenou tkaninou, a poté znovu fólií zakryty. Důvodem byla snaha o maximální zvýšení relativní vlhkosti prostředí. Odbednění bylo provedeno přibližně 24 hodin po ukončení betonáže a tělesa uložena do laboratorních kádí naplněných vodou o teplotě 18 °C, která odpovídala teplotě okolního prostředí. Zde byly vzorky uloženy do 28 dnů stáří betonu.

■ Zatěžování teplotou

K temperování těles byla použita pec BVD 100/KY (BVD Pece, Karlovy Vary) s příkonem 10,6 kW, max. teplotou 1 250 °C a programovatelným regulátorem. Při zahřívání byla teplota zvyšována každých 15 minut o 100 °C, při chlazení snižována každých 30 minut o 100 °C. Vzorky byly vystaveny požadované teplotě dvě hodiny ve stáří 90 a 180 dní.

■ Zkouška lomové houževnatosti a pevnosti v tahu za ohybu

Uspořádání této hlavní zkoušky vycházelo z modifikovaného postupu zkoušky pevnosti v tahu za ohybu [2]. Všechny trávce byly, v souladu s doporučením RILEM, opatřeny ve stáří 21 dnů oslabujícím zářezem do hloubky cca 25 mm, umístěným právě v polovině délky. Zhotovení zářezu určuje rovinnou porušení zkušební trávce a zlepšuje stejnorodost dosažených výsledků. Před zahájením zkoušky byly ověřeny rozhodující rozměry zkušební tělesa (včetně skutečné hloubky zářezu) i jeho hmotnost. Trávec osazený v lisu byl dále vystaven účinku narůstajícího zatížení. Zkušební zatížení umožnilo zatěžovat zkušební trávec v režimu konstantního nárůstu deformace. Jedině tento způsob zatížení umožňuje stanovit závislost síly a deformace i pro oblast po vzniku tahové trhliny, tj. v oblasti sestupné části hledaného diagramu. Tato okolnost je v hodnoceném případě důležitá zejména proto, že umožňuje posoudit vliv namáhání teplotou i na vnitřní oblasti struktury zkušební tělesa. Zkušební těleso bylo zatěžováno tak, aby bylo chování betonového průřezu možné sledovat i při vysokém prostupu tahové trhliny kritickým průřezem, tj. do hodnoty průhybu středního průřezu zkušební trávce nad hodnotu 2 mm. Tato hodnota průhybu byla pro vyhodnocení použita jako limitní. I když se v některých případech podařilo stanovit křivku diagramu i pro větší hodnoty průhybu, při vyhodnocení se k těmto částem diagramu nepřihlíželo.

■ Zkouška pevnosti betonu v příčném tahu

Po dokončení zkoušky lomové houževnatosti zbyly dva zlomky zkušební trávce, které lze využít pro další ověřování. První je zkouška pevnosti betonu v příčném tahu. Zkušební těleso, zbytek původního trávce, dává k dispozici zkušební plochu velikosti cca 100 x 100 mm. Skutečná velikost byla zjištěna změřením plochy řezu vystaveného působení příčného tahu. Metodicky byly zkoušky provedeny podle normy [2].

■ Zkouška pevnosti betonu v tlaku

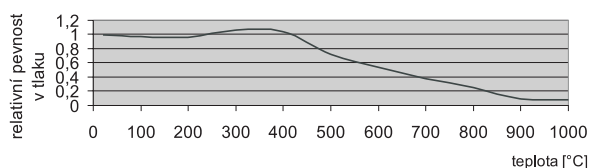
Na druhém zlomku byla provedena zkouška pevnosti betonu v tlaku podle normy [3]. Těleso bylo podloženo ocelovými destičkami uloženými k boční ploše původního trávce a tlakem namáháno na ploše cca 100 x 100 mm.

Výsledky

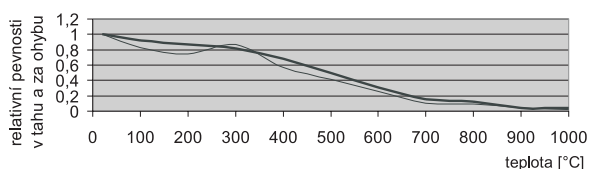
Jednotlivé hodnoty pevnosti jsou aritmetickým průměrem výsledků měření na pěti vzorcích podrobených stejnému tepelnému namáhání. Hodnoty při pokojových teplotách (tj. u standardních vzorků nezatížených tepelným namáháním) jsou uvedeny v tab. 3. Závislost relativní pevnosti (vztažené k příslušné pevnosti při pokojové teplotě) na teplotě je zřejmá z obr. 1 až obr. 4.

Tab. 3. Pevnost betonu

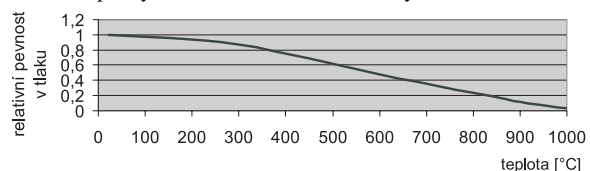
Čas [dny]	Pevnost [MPa]		
	v tlaku	v tahu	za ohybu
90	67,12	5,95	7,09
180	67,77	5,30	6,96



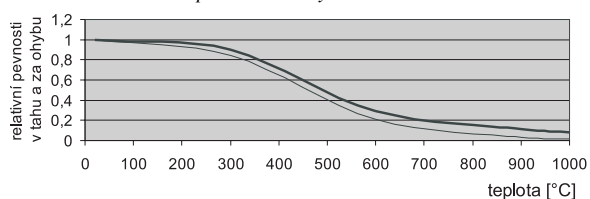
Obr. 1. Závislost relativní pevnosti v tlaku na teplotě pro beton starý 90 dní



Obr. 2. Závislost relativní pevnosti v příčném tahu a tahu za ohybu na teplotě pro beton starý 90 dní
— příčný tah v 90 dnech, — tah za ohybu v 90 dnech



Obr. 3. Závislost relativní pevnosti v tlaku na teplotě pro beton starý 180 dní



Obr. 4. Závislost relativní pevnosti v příčném tahu a tahu za ohybu na teplotě pro beton starý 180 dní
— příčný tah ve 180 dnech, — tah za ohybu ve 180 dnech

Diskuze

Závislost pevnosti na teplotě pro beton starý 180 dnů (obr. 3, obr. 4) má charakter spojitých klesajících funkcí. To je v podstatě standardní průběh u betonu, ve kterém již proběhly hlavní hydratační procesy a vliv tepelného namáhání se projeví nejprve vznikem termostresu, a následně vznikem mikrotrhlin [4].

Problematictější výsledky jsme získali pro beton starý 90 dnů. V intervalu 200 až 400 °C zde dochází ke zpevnění betonu (pevnost v tlaku vzroste o cca 10 %). Tento jev je u betonu známý, ale je obvykle pozorován při teplotách nižších – v rozmezí 100 až 250 °C [4]. Pro tento teplotní interval je zpevnění vysvětlováno jako důsledek odpařování volné vody, která reaguje s dosud nehydratovaným cementem, což

nakonec vede k větší hydrataci materiálu. V intervalu 200 až 400 °C ovšem musí jít o efekt jiný, protože volná voda je již odpařena.

Domníváme se, že zpevnění v tomto rozmezí souvisí s uvolňováním vody vázané (od cca 180 °C) a jejím následným odpařováním. Pohyblivé molekuly vody v plynném skupenství pak mohou reagovat s dosud nehydratovaným cementem, a zvýšit tak nejen stupeň hydratace materiálu, ale i jeho pevnost. Porozimetrová analýza ukázala, že tento efekt může být významnější než vznik mikrotrhlin [5].

Článek vznikl za podpory výzkumného záměru č. JO4/98: 21000004 MŠMT ČR.

Literatura

- [1] Škvára, F. Technologie anorganických pojiv II. Praha, VŠCHT, 1995.
 [2] ČSN 73 1318 Stanovení pevnosti betonu v tahu. Praha, ÚNM, 1973.
 [3] ČSN 73 1317 Stanovení pevnosti betonu v tlaku. Praha, ÚNM, 1973.
 [4] Bažant, Z. P. – Kaplan, M. F.: Concrete at High Temperatures, Essex, Longman 1996.
 [5] Vodák, F. et al: Construction and Building Materials (v tisku).

Zdražil, T. – Vodák, F. – Trtík, K.: The Effect of Temperature on the Strength of Concrete Used in the Containment Construction in the Temelín Nuclear Power Plant

This article describes the effect of temperature on selected properties of concrete. They include concrete compressive strength, transverse tensile strength, and tensile strength in bending. Loading of concrete by temperature takes place within the range of 20°C to 1 000°C. Concrete which is from 90 to 180 days old is subjected to the testing. The article finally discusses causes of strengthening concrete 90 days old within the temperature interval of <200°C to 400°C>.

Zdražil, T. – Vodák, F. – Trtík, K.: Einfluss der Temperatur auf die Betonfestigkeit beim Bau des Containments des Kernkraftwerks Temelín

Der Artikel beschreibt den Einfluss der Temperatur auf ausgewählte Betoneigenschaften. Es handelt sich um die reine Druckfestigkeit des Betons, um die Schubfestigkeit und die Biegefestigkeit. Die Temperaturbelastung des Betons liegt in der Spanne von 20 bis 1 000 °C. Es wurde 90 und 180 Tage alter Beton geprüft. Es werden die Ursachen der Verfestigung des 90 Tage alten Betons im Temperaturbereich <200 °C bis 400 °C> diskutiert.



Konference asfaltové vozovky
České Budějovice 25.–26. 11. 2003

Fakulta stavební ČVUT v Praze KATEDRA TECHNOLOGIE STAVEB

pořádá pod záštitou

České komory autorizovaných
inženýrů a techniků
Českého svazu stavebních inženýrů
Českého svazu podnikatelů ve stavebnictví



4. mezinárodní konferenci

TECHSTA 2004

Témata:

- nové trendy ve stavebně technologické přípravě staveb
- nové technologie stavebních procesů
- životnost staveb a jejich údržba
- vliv jakosti stavebních prací na kvalitu stavených konstrukcí, jejich kontrola a vyhodnocování výsledků
- příčiny poruch stavebních konstrukcí
- technologie pro rekonstrukce staveb
- zvyšování bezpečnosti práce na stavbách efektivním řízením
- minimalizace nepříznivých vlivů stavební výroby na životní prostředí

Organizační garanti:

Ing. Mária Párová, tel: +420 224 355 409
e-mail: parova@fsv.cvut.cz

Karen Lukešová, tel: +420 224 354 559
e-mail: karen.lukesova@fsv.cvut.cz

Hana Jurová, tel: +420 224 354 581
e-mail: hana.jurova@fsv.cvut.cz

Tomáš Hlavsa, tel: +420 224 354 582
e-mail: hlavsa@fsv.cvut.cz

fax: +420 224 354 592

Koncept udržitelného rozvoje selhává

Motto

„Neodepřes poznání pravdy!“
postulát vědy

prof. Ing. Josef Říha, DrSc.
ČVUT – Fakulta stavební
Praha

Vize udržitelného rozvoje byla nastartována jako myšlenková abstrakce možného řešení vyhrocující se globální ekologické krize záhy po konferenci OSN o životním prostředí v roce 1972. Pro tuto kategorii byla postupně vytvořena různá paradigmat a na mezinárodní úrovni se k udržitelnému rozvoji vedou četné diskuze. V politickém rozhodování se zdůrazňuje význam souběžného zvažování cílů ekonomických, sociálních a životního prostředí. Tato integrovaná koncepce je hodnocena jako principiální. Koncept udržitelného rozvoje však naráží na nepřekročitelné hranice fyzikálních zákonů a postrádá teoretické odůvodnění. Článek uvádí přehled stěžejních přístupů významných pro technickou praxi a hodnotí dosavadní výsledky.

Expozice problematiky a mezinárodní souvislosti

Pro věcný výklad kategorie **trvale udržitelného** nebo **udržitelného rozvoje** (sustainable development) se ve světovém měřítku stala předlohou definice podle paní Brundtlandové (the Brundtland definition) z roku 1987, jíž jsou stanoveny tři rovnocenné podpůrné pilíře, a to aspekty ekonomické, sociální a environmentální. Udržitelný rozvoj (dále jen UR) je „takový rozvoj, který uspokojuje potřeby současnosti bez ohrožování možností budoucích generací uspokojovat vlastní potřeby“ [20]. Tato dikce byla převzata řadou významných mezinárodních institucí.

Vznik celosvětového hnutí směřujícího k nutným opatřením ve prospěch udržitelného rozvoje bezprostředně urychlily nepříznivé **globální změny** planetárního systému Země. Rozsah a intenzita těchto změn, vyvolaných ekonomickou aktivitou člověka, v některých směrech překonávají intenzitu přírodních procesů. Strukturu očekávaných globálních změn uvádí *tab. 1*. Z celého souboru jeví je největší pozornost v současné době zaměřena na ztrátu biodiverzity a oteplování klimatu. V souladu s tím se rozvíjí mezinárodní strategie politiky členských zemí OSN.

Současným aktivitám předcházely první zmínky o limitech růstu v klasické ekonomické teorii, které autorizovali D. Ricardo (1772–1823; zákon klesajících výnosů), T. R. Malthus (1766–1845; Essay in the Principle of Population) a J. S. Mill (1806–1873; definice stacionárního stavu). Vyvrcholením celosvětového hnutí za trvale udržitelný rozvoj bylo uspořádání konference OSN o životním prostředí a rozvoji UNCED [18], na níž byl akceptován udržitelný rozvoj jako **hlavní princip rozvoje lidstva** [1]. Strategické pojetí UR je přijímáno nadnárodními organizacemi a principy jsou v rostoucí míře akceptovány i ekonomickou sférou – např. ministerská Rada OECD prohlásila v květnu 2001 udržitelný rozvoj za „zastřešující cíl pro vlády členských zemí i samotné organizace“.

Toto hnutí se nadále rozvíjí, což dokládají aktivity a aktuální dokumenty prezentované po roce 1992, například:

- „Strategie UR evropských společností“ [3] jako zastře-

šující a závazný dokument pro všechny členské státy EU; ■ „Johannesburská deklarace o udržitelném rozvoji“ a „Implementační plán světového summitu o udržitelném rozvoji“ [21].

Možnosti řešení v ČR

Předpoklady řešení byly v roce 2003 charakterizovány vlekou a pseudodobrou diskuzí o ustavení Rady vlády pro udržitelný rozvoj, a to včetně přípravy, vypracování a přijetí dokumentu na národní úrovni „Strategie udržitelného rozvoje České republiky“. Tím závazek politické reprezentace ČR z mimořádného zasedání Valného shromáždění OSN v červnu 1997 (Rio +5) zpracovat do roku 2002 národní strategii udržitelného rozvoje nebyl splněn. Jinými slovy, nebyl naplněn „Program další realizace Agendy 21“, přijatý na zasedání VS OSN. Podle [4] lze hlavní příčinu spatřovat „v nadměrném zdůrazňování environmentálního pilíře UR“. Tento argument potvrzuje zjištění, že v aktuálním dokumentu „Státní politiky ŽP ČR“ z roku 2001 není dodržen princip tří rovnocenných pilířů UR podle „Agendy 21“ [1]; naopak, v přehledu vybraných indikátorů a cílů SPŽP ČR je sloučená kategorie sociálních a ekonomických indikátorů. Takový přístup znemožňuje objektivizaci jakéhokoli následného rozhodovacího procesu.

Indikátory udržitelného rozvoje

Pro proces UR je zdůrazněno uplatnění vhodných indikátorů udržitelného rozvoje [1; kap. 40]. Cílem těchto ukazatelů je přispět ke zkvalitnění společenského rozhodovacího procesu. Pro tuto funkci musí splňovat řadu kritérií, tj. musí vyjadřovat významnost, reprezentativnost, jedinečnost, měřitelnost, náklady a užitek, minimalizaci negativních účinků na prostředí, správnost, spolehlivost, srovnatelnost, průhlednost, pochopitelnost, načasování, využitelnost.

Mezinárodní uzance v definiční oblasti stanoví, že indikátor životního prostředí:

- tvoří část specifického řídicího procesu a může být porovnán s cíli řídicího procesu;
- je mu přisouzen význam mimo či za rámec jeho vnější podoby (hodnoty);
- je chápán jako část informace.

Komise OSN pro udržitelný rozvoj (UNCSD) vydala v dubnu 1996 dokument „Indikátory trvale udržitelného rozvoje“, v němž bylo uvedeno 134 položek rozdělených podle původního modelu OECD z roku 1991 (Core Set of Indicators for Environmental Performance Review):

- vliv představují činnosti, procesy a modely, které mají vliv a vytvářejí tlak na trvale udržitelný rozvoj;
- stav indikují „stav a podmínky“ prostředí;
- odezva, tj. sociální odezva a další možnosti reakce na změny.

Indikátory byly sestaveny tak, aby se vázaly vždy ke konkrétní kapitole „Agendy 21“. Následně byly ověřovány na národní úrovni členských zemí OSN (včetně ČR) a konzultovány ve skupinách expertů. Na základě této revize byl do roku 2003 sestaven soubor 58 úspěšně testovaných indikátorů včetně metodických formulářů (*tab. 2*). Je třeba

konstatovat, že indikátory se souběžně studují na různých úrovních. Předmětem zájmu jsou mj. procesy shlukování (clustering) a rozpojování vazby (decoupling) parametrů [6].

Fyzikální paradoxon udržitelného rozvoje

Moderní ekonomické systémy jsou závislé na daných zásobách materiálových a energetických zdrojů. Paradoxon udržitelného rozvoje je především definován druhým termodynamickým zákonem, který je v současných úvahách ignorován teorií aplikované ekologie i teorií moderní ekonomiky.

Každý uzavřený systém se vyznačuje pozitivní produkcí entropie, která vyúsťuje ve stav maximální neuspořádanosti systému. Jinými slovy, v libovolném uzavřeném systému je dostupná energie a hmota postupně a nenávratně degradována do nevyužitelného stavu. Pokles entropie (negativní entropie = negentropie) v jedné části systému musí být vyrovnán stejnou nebo větší spotřebou negentropie v kterékoliv části stejného systému.

Principiální efekt tohoto zákona znamená, že hospodářská „výroba“ je ve skutečnosti „spotřebou“. Fyzikální zákon diktuje nezbytnou spotřebu a degradaci totální báze přírodních zdrojů, na kterých ekonomický rozvoj závisí. Náhoda jednoho zdroje jiným je pouze krátkým zastavením na cestě k úplné zkáze. I recyklace zdrojů má ve svém důsledku čistý negativní vliv na zbývající zásoby dostupných zdrojů energie a surovin. Je zřejmé, že veškeré ekonomické aktivity přispívají ke konstantnímu růstu globální čisté entropie (neuspořádanosti) v důsledku rozptylu volné energie a hmoty. V rozporu s předkládanou teorií udržitelnosti **neexistuje** rovnováha jakéhokoliv druhu materiálových vztahů mezi ekonomikou a životním prostředím [10]. Nezměnitelný termodynamický zákon absolutně omezuje materiálový růst světové ekonomiky. Na tuto nepřekročitelnou bariéru nechtěně narazili autoři projektu, kteří měli za úkol analyzovat materiálové toky zemí EU [5].

Hlavním rizikem pro udržitelnost rozvoje je **zákon růstu**, kde posuzovaný fenomén y v závislosti na čase t roste nade všechny meze. Odborníky vzrušuje především jev, kdy t se mění aritmetickou řadou a y se mění řadou geometrickou. Jde o exponenciální funkci a růstovou křivku, pro kterou lze průběh vyjádřit podle vztahu

$$y_t = y_0 (1 + i)^t, \quad (1)$$

kde y_0 je hodnota proměnné veličiny v čase t_0 ;
 y_t – hodnota proměnné veličiny za čas t ;
 $i = p/100$ – míra růstu, kde p je roční přírůstek [%].

Z této rovnice lze pomocí aplikace analytické metody projekce předpovědi stanovit dobu potřebnou ke zdvojnásobení. Pro ekosystémy se tato doba označuje jako doba generace potřebná pro zdvojnásobení populace, tj.

$$\Delta t_{2y0} = \frac{(t_1 - t_0) \ln 2}{\ln y_1 - \ln y_0}, \quad (2)$$

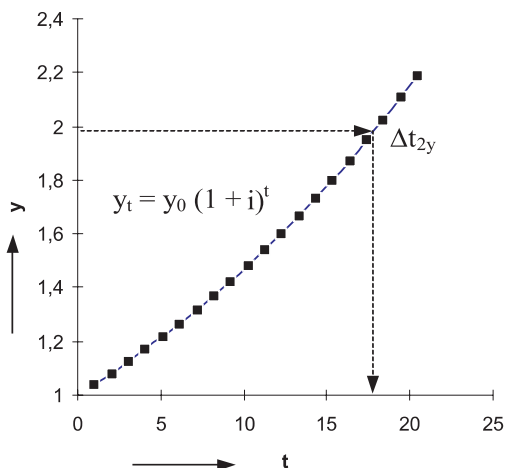
kde Δt_{2y0} je doba zdvojnásobení systému;
 $(t_1 - t_0)$ – čas mezi měřeními;
 $y_0; y_1$ – zjištěné veličiny vyšetřovaného jevu v čase $t_0; t_1$.

Doba zdvojnásobení se přibližně rovná podílu $\Delta t_{2y0} \div 70/p$. Fenomén exponenciálního růstu je účelné dát do souvislosti s veličinou hrubého domácího produktu. Moderní sociálně ekonomické systémy jsou poháněny pozitivní zpětnou vazbou exponenciálního růstu ve smyslu funkce pro složený úrok (compound interest). Míra růstu nižší než 3 % je pokládána za příliš nízkou, hospodářský rozvoj za stagnu-

Tab. 1. Přehled a struktura hlavních globálních změn planetárního systému Země

Atmosféra
<ul style="list-style-type: none"> ● zesilování skleníkového efektu ● ničení ozónu ve stratosféře ● změny v troposféře (fotochemické efekty, smog, kyselý déšť)
Změna klimatu
<ul style="list-style-type: none"> ● globální oteplení povrchu +3 °C do roku 2050 – max. (< +8 °C) v období subarktické zimy ● redistribuce srážek ● zvýšení hladiny světového moře o ±65 cm do roku 2100 (netektonická příčina)
Hydrosféra
<ul style="list-style-type: none"> ● horizontální a vertikální změny v proudění oceánů – slabší Golfský proud a silnější Kuroshiro ● změny ledovcové pokrývky Antarktidy a Grónska ● změny povodňových režimů, procesu sedimentace a eroze, přenosu škodlivin ● změny v zásobách a v obnovování podzemních vod (kvantitativně a kvalitativně)
Litosféra a pedosféra
<ul style="list-style-type: none"> ● zvýšená eroze, redistribuce látek ● snížení obsahu organických látek v půdě ● rozsáhlé zničení struktury půdy následkem kultivace a změny lesních porostů ● zvýšená pohyblivost živin a ztráta vlivem používaného rozpustného hnojiva
Biosféra
<ul style="list-style-type: none"> ● lesy: odlesnění, ztráta diverzity, snížená odolnost proti ohni, zpětná vazba na plyny ● louky, pastviny, zemědělsky obhospodařovaná půda: ztráta diverzity a půdy, změny v odtoku vody, používání pesticidů ● drastické omezení pobřežní vegetace ● biomasa: změny ve struktuře společenstev
Lidská populace
<ul style="list-style-type: none"> ● čistý roční nárůst počtu obyvatel o 100 miliónů, převážně v subtropických oblastech ● zvyšování urbanizace, zejména zvyšování počtu megaměst ● lokální koncentrování chemických látek, zušlechťených materiálů, regionální pokles porodnosti do roku 2100 ● snížená odolnost proti novým parazitům a virům
Ekonomie, energetika a doprava
<ul style="list-style-type: none"> ● narůstající regionální a globální vazby, které budou bránit samoregulační zpětné vazbě udržet rovnováhu mezi zdroji nebo zabránit ekologickému poškození ● zvýšené používání vysoce kvalitních energií a dálkový transport organických produktů a chemických látek ● regionální elektrické pole 60 Hz na všech kontinentech s výjimkou Antarktidy
Sociální faktory
<ul style="list-style-type: none"> ● problém vzájemného postavení člověka k příčině, efektu a odezvě ● ekonomické a kulturní překážky k „environmentálnímu vědomí“ ve společnosti ● neschopnost jednotlivce přesvědčit se o velikosti problému ● přerušování „shody v rámci jedné generace“ (inter-generation contract), která implicitně řídila většinu chování a postojů lidí všech kultur do 20. století.

jící; převažuje úsilí dosahovat roční míry růstu 4 až 5 %. Například hodnota 4 % způsobuje zdvojnásobení ekonomické aktivity nejpozději v průběhu osmnácti let (obr. 1).



Obr. 1. Zákon růstu definovaný exponenciální funkcí pro míru růstu $p = 4\%$

Příspěvkem ekonomů do probíhající polemiky je teze, že ochuzení zdrojů životního prostředí spojené s ekonomickým růstem je spojeno spíše se živým kapitálem než s důchodem. Z toho vyplynula představa, podle které **udržitelný rozvoj představuje takový maximálně možný rozvoj, kterého lze dosáhnout bez poklesu kapitálových aktiv státu, jež tvoří jeho zdrojovou základnu.**

Zároveň byla vytvořena typologie [16], [17] v rozpětí od velmi slabé strategie udržitelného rozvoje (VWS – Very Weak Sustainability) až po velmi silnou strategii (VSS – Very Strong Sustainability). Klasifikace dokládá vzájemnou neslučitelnost některých předkládaných definic a názorovou diferenciaci v rozpětí od ekocentristů až po technokraty.

Pro představu „životního prostředí jako kapitálu“ vymezuje P. A. Victor [19] čtyři „školy“, které se ve výkladu udržitelného rozvoje vzájemně liší. V oblasti strategie slabé udržitelnosti to je hlavní směr neoklasické ekonomie a „londýnská škola“, viz práce, které autorizovali E. B. Barbier a A. Markandya [2], D. W. Pearce a G. D. Atkinson [7], [8] a R. K. Turner [16], [17]. V oblasti strategie silné udržitelnosti je hlavní směr představován teorií ekologické ekonomie a představou ustáleného ekonomického stavu (nulovým ekonomickým růstem). Například scénář pro velmi slabě udržitelný rozvoj je určitou paralelou principu předběžné opatrnosti a jeho autor R. M. Solow [15] je nositelem Nobelovy ceny za ekonomii z roku 1987 za „neoklasický model růstu“. Naopak, scénář pro velmi silně udržitelný rozvoj je dán stupněm impaktu člověka ke globální únosné kapacitě. Některé efekty jsou pokládány za důkaz, že byla překročena přípustná makroekonomická hranice aktivity, viz skleníkový efekt, devastace ozónové vrstvy, kyselá deště apod. Z tohoto důvodu scénář pro velmi silně udržitelný rozvoj vyzývá nastolit ustálený (stacionární) stav ekonomického systému založený na termodynamických limitech a makroekonomickém omezení. Míra hmoty a energie vstupující do ekonomiky musí být minimalizována. Pro dosažení nulového růstu „stupně“ makroekonomiky se žádá nulový ekonomický růst a nulový přírůstek obyvatelstva. Zastánci stacionárního modelu zdůrazňují, že rozvoj společnosti se tím nevylučuje, protože s postupným rozvojem stacionární ekonomiky naleznou plné vyjádření v tomto modelu společenské preference, obyvatelstvem žádané hodnoty a zobecněné závazky k budoucí generaci.

Z globálního hlediska je proto aktuální otázka, zda dosavadní představy o interakci ekonomika ↔ životní prostředí jsou správné a jak dlouho lze tento model respektovat. Především je třeba podrobit hlubší analýze až dosud předkládané definice udržitelného rozvoje, které z principiálních důvodů nevyhovují. Současná generace nemůže využívat zásoby některých přírodních zdrojů a zdrojů energie, aniž by totálně nevyloučila možnost jejich využívání budoucími generacemi. To se týká veškerých vyčerpateľných zdrojů ropy, zemního plynu, fosfátů apod. Pomocí používaných definic UR lze prakticky obhájit jakýkoli model ekonomické aktivity včetně **status quo**. Z tohoto důvodu implicitní předpoklady UR neoklasické ekonomie založené na současném modelu využívání přírodních zdrojů z globálního hlediska nejsou teoreticky přijatelné; v podstatě a ve svém důsledku představují teoretický a metodický avanturismus.

Výsledky analýzy materiálových toků

Pochybnosti o vědecké správnosti konceptu UR dokládá aktuální výstup výzkumného projektu, který byl explicitně zadán a definován Evropskou agenturou pro životní prostředí (DG ENV) renomovanému dánskému ústavu ETC/WMF v Kodani. Cílem zadavatele byla snaha upřesnit strategii pro udržitelné hospodaření a využívání zdrojů členských zemí EU v návaznosti na [5, článek 8].

Přímý materiálový vstup DMI (a další ukazatele DMC, TMR, TMC) jsou vypočítávány na základě analýzy materiálových toků na makroekonomické úrovni. Cílem této analýzy, vyvinuté v průběhu devadesátých let ve spolupráci řady výzkumných ústavů a organizací, a poté standardizované v metodologické příručce Eurostatu, je zjistit pro celou ekonomickou soustavu hmotnostní množství materiálů, které každý rok proteče přes hranice životního prostředí → národní ekonomika (materiálové vstupy) a národní ekonomika → životní prostředí (materiálové výstupy). Materiálové vstupy zahrnují především vytěžené suroviny a vypěstovanou biomasu (tzv. domácí užitá těžba), materiálové výstupy zejména emise do ovzduší a do vody, odpady a rozptýlené užití výrobků, kam patří např. množství aplikovaných hnojiv, pesticidů či zimního posypu. Rozdíl mezi vstupy a výstupy udává množství materiálů, které se za rok nahromadilo v ekonomické soustavě ve formě budov, dopravní infrastruktury, trvanlivých výrobků apod.

V rámci projektu byla sledována tři stěžejní „pravidla hospodaření“ s obnovitelnými a neobnovitelnými zdroji, podle všeobecně uzance deklarované politickými a odbornými kruhy:

- použití obnovitelných zdrojů nesmí překročit rychlost jejich regenerace či obnovy;
- používání neobnovitelných zdrojů nesmí překročit míru možné záměny;
- výstupy látek do ŽP (znečištění) nesmějí překročit asimilační schopnost prostředí (absorpční kapacitu).

Prezentované výsledky jsou s ohledem na dlouholetý vývoj UR až fatálně neuspokojující a podporují teoretické výhrady skeptiků. Zpráva konstatuje, že aplikace klíčových pravidel pro formulování strategických priorit budoucí politiky EU a pro systém skutečného materiálového toku v EU je velmi obtížná a v nejbližší době nemožná. To se v plné míře týká možností uplatnění vědeckých metod a systémové analýzy.

Rozpojování vazby ukazatelů přímých materiálových vstupů DMI a celkových materiálových požadavků TMR ve

vztahu k ekonomickému růstu hrubého domácího produktu za poslední dekádu je pouze relativní, nikoliv absolutní. Absence poklesu ukazatelů přímých materiálových vstupů a celkových materiálových požadavků dokládá skutečnost, že zátěž životního prostředí z hlediska používaných zdrojů zůstává trvale vysoká. Obdobně působí toky materiálových výstupů (emise, odpady atd.), což se řídí zákonem zachování hmoty. Je pozorován významný přesun požadavků na zdroje z domácích zásob směrem k využívání dovozu, tj. posun zátěže z hlediska exploatace zdrojů na jiné zeměpisné regiony. Trvale narůstá riziko spojené s fyzikálním růstem a expanzí technosféry v podobě dalších budov a infrastruktury.

Z tohoto pohledu se výsledek projektu nestal žádaným přínosem pro další upřesnění strategie UR zemí EU. Hlavní závěr projektu se spokojuje s alibistickým principem předběžné opatrnosti a vytyčením směrů dalšího bádání. V návaznosti na poznatky „nulové studie“ se v roce 2003 deklaruje potřeba vyvinout kritéria, která „... umožní posoudit, zda je používání zdrojů v EU udržitelné“. Zároveň se požaduje prohloubit míru informací pro jednotlivé kategorie zdrojů na principu jednoduchých (nikoliv agregovaných) materiálových toků pro fosilní paliva, kovy, průmyslové materiály, stavební materiály, obnovitelné zdroje (biomasy) a podle možností analýzu rozšířit o zdroje vody a využívání půdy (pozemků). Jako náhradu za selhání vědeckého přístupu je požadováno přijetí politických a normativních opatření. Mimo jiné se tímto popírají výhody robustních, agregovaných indikátorů UR (viz dříve doporučované titulkové indikátory). Paradoxně kladně je hodnocen vliv trhu, který zvyšuje racionální využití zdrojů na podkladě hospodářské konkurence.

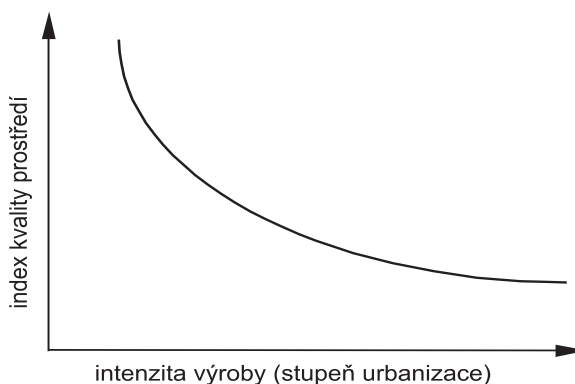
Velmi zjednodušeně lze říci, že exploatace a devastace světových zásob zdrojů biosféry nadále pokračuje, narůstá v absolutních hodnotách, pomocí rostoucího mezinárodního obchodu zesiluje internacionalizace tohoto procesu, rozšiřují se skryté materiálové toky surovin a vize globálního katastrofického scénáře se pouze oddaluje, nikoliv odstraňuje. Pro takto charakterizovaný vývoj nelze používat označení udržitelný rozvoj.

Zpráva z března 2003 [5] po teoretické stránce silně podporuje postoje skeptiků. Pokrok při realizaci „Agendy 21“ nenaplnjuje očekávání iniciátorů a propagátorů UR. V politických a odborných kruzích se hledají příčiny a diskutují se v různých polohách. Glosovaně lze citovat nejčastěji uváděnou obsahovou nejasnost (bezbrěhost) původního konceptu UR, postupné prohloubení nesrozumitelnosti konceptu UR, omezení praktické uchopitelnosti konceptu UR, inflaci pojmu UR, odideologizování původně jasně „zeleného“ akcentu a jeho transformace na „šedý“ akcent, únavu a stárnutí, ideologické vyčerpání, zevšednění, častou až násilnou aplikaci, důsledky rozporu zemí „sever-jih“, frustraci rozvojových zemí z nenaplnění finančních příslibů z Ria de Janeiro aj.

Možnosti multikriteriální analýzy a procesu EIA (SEA)

Princip předběžné opatrnosti, důraz na normativní a politická opatření a mlhavý koncept UR zvyšují důraz na uplatnění axiomatice teorie kardinálního užítka MUT pro rozhodovací proces na všech úrovních. Pro technickou praxi to je standardní aplikace multikriteriální analýzy dovedené do konečné etapy rozhodování [11], [12], [13], [14]. Po stránce legislativní je tato možnost ošetřena aktuálně zákonnými normami ČR a směrnicemi EU pro posuzování vlivů na ŽP, tj. proces EIA, popř. SEA.

V průběhu vícekritériálního rozhodovacího procesu dochází oboustranně ke konfliktním situacím, tzn. respektování výhod jednoho kritéria vede k nevýhodě podle druhého kritéria, a naopak. Například zásadní axiomatický vztah mezi kvalitou ŽP a výrobou v zájmovém (posuzovaném) území je obecně konfliktní podle schématu na obr. 2. Tento vztah lze vhodně promítnout do časové osy. Ve svých důsledcích se růst EA projevuje jako časový pokles indexu kvality ŽP. Zejména řešení vzájemné komplementarity a konkurence kritérií jsou častým předmětem multikriteriální optimalizace. Cílem je nalezení takového řešení pro soubor kritérií, které lze označit za optimální. Obecně u multikriteriálních problémů optimální řešení neexistuje. Proto se zavádí pojem **neinferiorní řešení**. Optimální řešení v multikriteriální analýze je takové, které dosahuje požadovaných extrémních hodnot, např. minimálních či maximálních, u všech kritériálních hodnot současně. Neinferiorní řešení je takové, pro které platí, že nelze snížit hodnotu některého kritéria, aniž bychom současně nezvýšili hodnotu alespoň jednoho z ostatních kritérií. Nejlepší neinferiorní řešení se v literatuře někdy označuje jako **řešení superiorní**.



Obr. 2. Axiomatický vztah mezi intenzitou výroby (popř. stupněm urbanizace) a kvalitou prostředí

Ve prospěch UR se nabízí uplatnění algoritmu autorizované metody TUKP [14]. Teoretický základ tvoří koncepce analýzy dovedené až do stadia rozhodnutí. Podle autora teorie hodnotové analýzy L. D. Milese z r. 1961 [14] je pro daný případ provedena modifikace pro stanovení **užitné hodnoty** (use value) a hodnoty **osobní oblíbenosti** (esteem value) především zařazením vhodných kritérií do vytvářených individuálních katalogů. Sledovaný cíl UR vyžaduje zařadit do souboru indikátorů UR pro regionální či ekosystémovou úroveň.

Nechť:

V_i je varianta řešení pro $i = 1, 2, \dots, m$, kde m je celkový počet předem vypracovaných odlišných posuzovaných variant;

P_y – podstatný parametr, který lze použít jako kritérium pro kvalitativní posouzení, když $y = 1, 2, \dots, z$, kde z je celkový počet vybraných kritérií;

$P_j^{(y)}$ – ukazatel kritéria jako hodnota analyticky zjištěného, popř. odhadnutého parametru pro $j = 1, 2, \dots, n(y)$, kde n je celkový počet ukazatelů v objektivních či subjektivních jednotkách, jako j -tý dílčí důsledek varianty V_i , nebo pro zjednodušení zkráceně P_j ;

P – vektor parametrů, pro který je $P = [P_1 \dots P_z]$;

P – celkový důsledek V_i , pro který je $P = [P_1 \dots P_n]$;

w_j – váhový či kvantitativní multiplikátor, tj. relativní význam vyšetřovaného $P_j^{(y)}$ v rámci celého souboru $j = 1, 2, \dots, n(y)$;

Tab. 2. Základní soubor indikátorů udržitelného rozvoje ověřený a doporučený na úrovni OSN (podle stavu k 24.3.2003) – [23]

Zařazení	Název	Návrh národní strategie UR ČR ^{*)}
Kategorie sociálních indikátorů		
spravedlnost	<i>Populace žijící pod hranicí chudoby</i>	S2
	<i>Ginino-index nerovnosti příjmů</i>	S3
	<i>Míra nezaměstnanosti</i>	S1
	<i>Poměr průměrné mzdy žen a mužů</i>	
zdraví	<i>Výživa dětí</i>	
	<i>Počet zemřelých do 5 let věku na 1 000 živě narozených během určitého období</i>	
	<i>Střední délka života při narození</i>	S14
	<i>Podíl obyvatelstva napojeného na čistírny odpadních vod</i>	
	<i>Přístup k pitné vodě – podíl populace s nezávadnou vodou</i>	
	<i>Podíl populace s přístupem k základní lékařské pomoci</i>	
	<i>Podíl populace očkované proti infekčním (dětským) chorobám</i>	
	<i>Antikoncepce</i>	
vzdělání	<i>Děti dosahující základního pětiletého vzdělávání</i>	
	<i>Podíl dospělých s dosaženou úrovní školního vzdělání druhého stupně</i>	
	<i>Gramotnost dospělých</i>	
bydlení	<i>Obytná plocha na osobu</i>	
bezpečnost	<i>Zločinnost podle druhu trestného činu</i>	S18
populace	<i>Růst populace</i>	S6
	<i>Populace městského formálního a neformálního osídlení</i>	
Kategorie environmentálních indikátorů		
atmosféra	<i>Emise skleníkových plynů</i>	En2
	<i>Spotřeba látek narušujících ozónovou vrstvu</i>	
	<i>Znečištění ve městech</i>	
půda (pozemky)	<i>Rozloha trvale obdělávané orné půdy</i>	
	<i>Spotřeba hnojiv</i>	En12
	<i>Spotřeba pesticidů</i>	En13
	<i>Rozloha lesů s rozlišením druhové skladby</i>	En15
	<i>Intenzita těžby dřeva</i>	En16
	<i>Rozloha pozemků ovlivněných procesem dezertifikace</i>	
	<i>Rozloha městského formálního a neformálního osídlení</i>	
oceány, moře, pobřeží	<i>Koncentrace řas v příbřežních vodách</i>	
	<i>Podíl z celkové populace žijící v příbřežních oblastech</i>	
	<i>Roční úlovek hlavních druhů</i>	
sladká voda	<i>Roční odběr podzemní a povrchové vody</i>	En6
	<i>Biochemická spotřeba kyslíku v povrchových vodách</i>	En8
	<i>Koncentrace fekálních koliformních bakterií ve sladké vodě</i>	
biodiverzita	<i>Výměra vybraných ekosystémů</i>	
	<i>Podíl rozlohy chráněných území na celkové rozloze</i>	En18
	<i>Hojnost vybraných klíčových ekosystémů</i>	
Kategorie ekonomických indikátorů		
ekonomická struktura	<i>Hrubý domácí produkt na osobu</i>	Ek1
	<i>Podíl investic na hrubém domácím produktu</i>	
	<i>Bilance zahraničního obchodu</i>	Ek7
	<i>Poměr hrubého veřejného dluhu k hrubému domácímu produktu</i>	Ek4
	<i>Poskytnutá nebo přijatá rozvojová pomoc</i>	Ek6
spotřeba a výroba	<i>Intenzita spotřeby surovin</i>	Ek13
	<i>Roční spotřeba energie na osobu</i>	Ek10
	<i>Podíl spotřeby obnovitelných zdrojů energie</i>	Ek9
	<i>Intenzita spotřeby energie</i>	Ek11

Tab. 2. – pokračování

spotřeba a výroba	Produkce a zneškodňování odpadů podle druhu	En20
	Produkce a zneškodňování nebezpečných odpadů	En21
	Management radioaktivního odpadu	
	Recyklace odpadu	En22
	Objem osobní dopravy podle druhu	Ek14
Kategorie institucionálních indikátorů		
ústavní rámeček	Národní strategie udržitelného rozvoje	
	Implementace ratifikovaných mezinárodních smluv	En1
kapacita institucí	Počet uživatelů internetu na 1 000 obyvatel	S22
	Přístup k internetu	S21
	Výdaje na výzkum a vývoj	S23
	Ekonomické a lidské ztráty jako následek živelních pohrom	

^{*)} zařazení indikátoru [22] do kategorie S – sociální, En – environmentální, Ek – ekonomické

U_j – dílčí funkce užítka jako kvalitativní multiplikátor mající charakter transformační funkce (vyhodnocovací křivky) $f_j(P_j^{(s)})$, nabývající hodnoty v intervalu $0 \leq U_j \leq 1$;

U_i – vícerozměrný vektor či celková funkce užítka.

Současně se předpokládá, že pro daný počet variant V_i a pro množinu indexů j lze stanovit všechny hodnoty $P_j^{(s)}$ a U_j , pro které platí vztah

$$U_j = f_j(P_j^{(s)}), \quad (3)$$

jež vyjadřuje matematickou formu dílčí funkce užítka. Celková funkce užítka U je závislá na celkovém důsledku P a pro její konstrukci slouží množina dílčích funkcí užítka U_j .

Předpokládá se dodržení podmínek preferenční a užítkové nezávislosti ukazatelů kritérií $f_j(P_j^{(s)})$. Dále je stanovena podmínka, že pro celý soubor posuzovaných variant V_i je

$$w_j = \text{konstanta}. \quad (4)$$

Hodnota souhrnné funkce pro určitou variantu je dána hodnotou mnohorozměrného vektoru U_i podle vztahu

$$U_i = \sum_{j=1}^n U_j w_j^{(n)}. \quad (5)$$

Uvedený tvar funkce lze použít pouze v tom případě, že pro množinu w_j platí

$$0 \leq w_j^{(n)} \leq 1 \quad (j = 1, 2, \dots, n), \quad (6)$$

a současně

$$\sum_{j=1}^n w_j^{(n)} = 1. \quad (7)$$

Rovnice (5) definuje aditivní model, který lze použít pro řešení výhradně za předpokladu platnosti uvedených podmínek. V opačném případě je nutno použít multiplikativní model. Výraz $w_j^{(n)}$ vyjadřuje váhu normalizovanou.

Za předpokladu, že ukazatele kritérií $P_1, P_2, \dots, P_{n(y)}$ neprokazují vzájemnou užítkovou závislost, lze multiplikativní model vyjádřit vztahem

$$\begin{aligned}
 U_i = & \sum_{j=1}^n U_j w_j + K \sum_{j=1}^n \sum_{j^* > j} U_j U_{j^*} + w_j w_{j^*} + \\
 & + K^2 \sum_{j=1}^n \sum_{j^* > j} \sum_{j^{**} > j^*} U_j U_{j^*} U_{j^{**}} + w_j w_{j^*} w_{j^{**}} + \\
 & + \dots + \\
 & + K^{n-1} U_1 U_2 \dots U_n \dots w_1 w_2 \dots w_n, \quad (8)
 \end{aligned}$$

kde $j^{**} > j^* > j$.

Jestliže se obě strany rovnice vynásobí konstantou K a

připočte se 1, je pro rovnici (8) ekvivalentní vztah

$$1 + K U_i = \prod_{j=1}^n (1 + K U_j w_j). \quad (9)$$

Funkce U_j nabývá hodnoty v intervalu $<0; 1>$ a pracovní postup pro přesný výpočet hodnoty K je uveden v [14]. V případě, že $K = 0$, přechází rovnice (8) na rovnici (5) a multiplikativní model se transformuje na aditivní. Zvláštní pozornost zasluhuje stanovení limitních hodnot $\lim P_j^{(s)}$ pro vybranou j , která

- nelze vyvážit jinou vlastností (kvalitou);
- zabezpečují minimální standard kvality systému, a tím jeho obecně přijatelnou celospolečenskou funkci. V mechanismu aplikace metody je třeba zabezpečit zablokování dalšího postupu hodnocení v tom okamžiku, kdy dojde k nepřijatelnému překročení limitních hodnot indikátoru UR.

Výsledná hierarchizace souboru V_i (ranking) je určena setuným pořadím podle vyčíslených hodnot vektoru U_i podle zásady „čím vyšší, tím lepší“. Jinými slovy, celospolečensky maximální preferenci získává takové řešení (alternativa, varianta, scénář), pro které vektor U_i nabývá nejvyšší hodnoty. Pro vhodně zvolený a správně definovaný soubor indikátorů UR lze předpokládat, že maximální preferenci získá takový scénář, který je pro posuzovaný územní celek nejvíce přijatelnější.

Závěr

Na základě dosavadních poznatků se zdůrazňuje, že udržitelný rozvoj zůstává nedokončenou strategií. Závěry pro dosažení udržitelného rozvoje obecně a ve vztahu k aplikaci pomocného nástroje EIA (SEA) musí být flexibilní, adaptabilní pro posuzovaný záměr, s výrazným znakem otevřeného systému pro možné zařazení dalších účelných opatření. Tento přístup vychází z množiny různých scénářů pro trvale udržitelný rozvoj s koncepcí od slabé až po koncepci silně udržitelného rozvoje. Zdá se, že tendence moderních ekonomických procesů poskytují možnost dalšího vyčerpání přírodních zdrojů, destrukci životního prostředí a znečištění. Vzhledem k dosavadní neuspokojivé zkušenosti nesmí být legislativa životního prostředí zavrhována jako taková; naopak, pro udržitelný rozvoj musí být vytvořen účinný politický nástroj v podobě kombinace nástrojů ústavněprávního systému a nástrojů ekonomických.

Článek vznikl za podpory grantu č. IAA7986301 GA Akademie věd ČR „Teoretický základ komplexních ekonomických a environmentálních problémů pro udržitelný rozvoj“.

Literatura

- [1] Agenda 21. Český překlad textu části Přílohy II dokumentu „Report of the UN Conference on Environment and Development, Rio de Janeiro, 3–14 June 1992, Vol. I – Resolution Adopted by the Conf. UN, New York 1993 A/Conf.151/26/Rev.1(Vol. I), Annex II: Agenda 21 (pp. 9–479).
- [2] Barbier, E. B. – Markandya, A.: The Conditions for Achieving Environmentally Sustainable Economic Development. LEEC Paper 89–01, London Environmental Economic Centre, London, 1989.
- [3] EC, 2001: A Sustainable Europe for a Better World: A European Union Strategy for Sustainable Development. (Commission's Proposal to the Gothenburg European Council, Communication from the Commission). COM(2001)264 Final. Brussels, 2001.
- [4] Hlaváček, J.: Bude ustavena v České republice Rada vlády pro udržitelný rozvoj? Zpravodaj MŽP 3/2003, s. 20–23.
- [5] Moll, S. – Bringezu, S. – Schütz, H.: Resource Use in European Countries. An Estimate of Materials and Waste Streams in the Community, Including Imports and Exports Using the Instrument of Material Flow Analysis. European Topic Centre on Waste and Material Flows (ETC-WMF), Copenhagen, March 2003, <http://europa.eu.int>
- [6] OECD, 2002: Indicators to Measure Decoupling of Environmental Pressure from Economic Growth. OECD SG/SD (2002)1/FINAL, 2002.
- [7] Pearce, D. W. & Atkinson, G. D.: Are National Economics Sustainable? Measuring Sustainable Development. CSERGE GEC Working Paper 92–11. CSERGE, UEA, Norwich and UCL, London, 1992.
- [8] Pearce, D. W.: Economic Values and the Natural World. London: Earthscan 1993.
- [9] Prasad, V. N.: Conservation on Physical Resources in Regional Development. In: Proc. of the Seminar on Regional Planning UN. Tokio, 1959, pp. 83–85.
- [10] Rees, W. E.: Economic, Ecology, and the Role of Environmental Assessment in Achieving Sustainable Development. In: Jacobs, P. and Sadler, B. eds.: Sustainable Development and Environmental Assessment: Perspectives on Planning for a Common Future. CEARC, Ottawa, 1989, pp. 123–141.
- [11] Říha, J.: Strategické posuzování vlivu investic. Stavební obzor, 8, 1999, č. 6, s. 177–182.
- [12] Říha, J.: Územní plánování a požadavky EU na posuzování regionálních rozvojových plánů a programů strukturálních fondů z hlediska životního prostředí. Urbanismus a územní rozvoj, 2000, č. 1, s. 6–16.
- [13] Říha, J.: Nový fenomén – posuzování udržitelnosti. Ochrana přírody, 2001, 56, č. 2, s. 41–44.
- [14] Říha, J.: Posuzování vlivů na životní prostředí. Metody pro předběžnou analýzu EIA. Praha, Vydavatelství ČVUT 2001, 477 s.
- [15] Solow, R. M.: An Almost Practical Step Towards Sustainability. Resources for the Future. Washington DC, 1992.
- [16] Turner, R. K.: Speculations in Weak and Strong Sustainability, CSERGE Working Paper, GEC 92-26, University of East Anglia, Norwich and University College, London, 1992.
- [17] Turner, R. K. (ed.): Sustainable Environmental Economics and Management. Principles and Practice Chichester, Wiley & Sons Ltd. 1995.
- [18] UNCED. The Earth Summit. In: CONNECT. UNESCO-UNEP Environmental Education Newsletter. Vol. XVII, No. 2, 1992, pp. 1–7.
- [19] Victor, P. A.: Indications of Sustainable Development: Some Lessons From Capital Theory. Ecological Economics. No. 4, 1991, pp. 191–213.
- [20] WCED, 1987: Our Common Future. Oxford, Oxford University Press 1987.
- [21] WSSD, 2002: Světový summit o udržitelném rozvoji v Johannesburgu, 2. až 4. září 2002.
- [22] Kovanda, J. – Hák, T. – Ščasný, M.: Soubor indikátorů udržitelného rozvoje ČR. K udržitelnému rozvoji ČR: vytváření podmínek. Sv. 4 – Vzdělávání, informace, indikátory. Centrum pro otázky ŽP UK, Praha, 2002, s. 356–407.
- [23] <http://www.un.org/esa/sustdev/isd.htm>

Zkratky

DMC	– Direct Material Consumption
DMI	– Direct Material Input
EA	– ekonomická aktivita
EIA	– Environmental Impact Assessment
ETC/WMF	– European Topic Centre on Waste and Material Flows
HDP	– hrubý domácí produkt
MFA	– Material Flow Analysis
MUT	– Multiattribute Utility Theory
OECD	– Organization for Economic Cooperation and Development
OSN	– Organizace spojených národů
SEA	– Strategic Environmental Assessment
SPŽP	– státní politika životního prostředí
TMC	– Total Material Consumption
TMR	– Total Material Requirement
TUKP	– totální ukazatel kvality prostředí
UNCED	– United Nations Conference on Environment and Development („Earth Summit '92“)
UNCSD	– United Nations Commission for Sustainable Development
UR	– udržitelný rozvoj
WCED	– World Commission in Environment and Development
WSSD	– World Summit on Sustainable Development
ŽP	– životní prostředí
6 th EAP	– Sixth Community Environment Action Programme

Říha, J.: The Sustainability Concept is Failing

The vision of sustainable development came into being as an intellectual abstraction of a potential solution of the mounting global ecological crisis soon afterwards the U.N.O. conference on the environment, which was held in 1972. A number of paradigms have gradually been formulated for this category, and numerous related discussions have been led at an international level. In political decision making, the significance of assuming parallelly economic, social and environmental goals is stressed. This integrated concept is considered as principal. However, the sustainability concept meets with the insurmountable boundaries of physical laws and lacks any theoretical foundations. This paper outlines major approaches important for the technical practice and assesses the current outcomes.

Říha, J.: Das Konzept der nachhaltigen Entwicklung versagt

Die Vision der nachhaltigen Entwicklung wurde als gedankliche Abstraktion einer möglichen Lösung der sich zuspitzenden globalen Krise kurz nach der UNO-Umweltkonferenz 1972 gestartet. Für diese Kategorie wurden schrittweise verschiedene Paradigmen gebildet, und auf internationaler Ebene werden zur nachhaltigen Entwicklung zahlreiche Diskussionen geführt. Im politischen Entscheidungsprozess wird die Bedeutung der parallelen Erörterung wirtschaftlicher, sozialer und Umweltziele betont. Diese integrierte Konzeption wird als prinzipiell gewertet. Das Konzept der nachhaltigen Entwicklung stößt an die unüberwindlichen Grenzen physikalischer Gesetze und entbehrt einer theoretischen Begründung. Der Artikel führt eine Übersicht grundlegender Herangehensweisen an, die bedeutsam für die technische Praxis sind, und bewertet die bisherigen Ergebnisse.

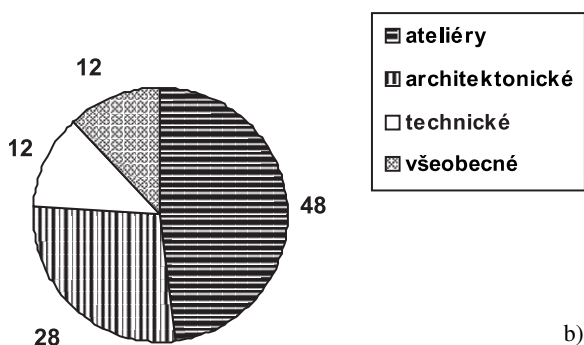
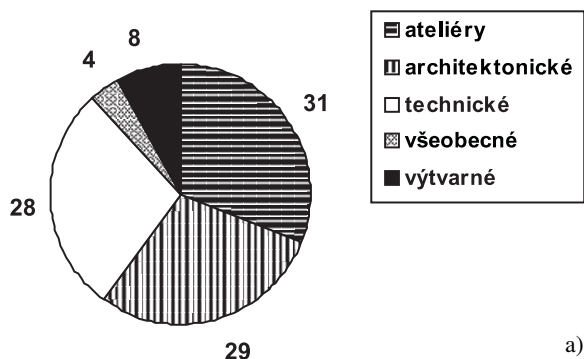
Absolventi FA VUT v Brně a jejich vztah k technickým předmětům

doc. Ing. Josef CHYBÍK, CSc.
VUT – Fakulta architektury
Brno

Článek informuje o výsledcích průzkumu názoru studentů na smysl výuky technických předmětů na pracovišti autora článku.

Úvod

Technickým předmětům je na FA VUT v Brně věnována poměrně velká pozornost. Rozsah výuky pro bakalářský a magisterský studijní program je zřejmý z obr. 1. Náplň bakalářského programu tvoří předměty obligatorní a volitelné, k nimž patří Pozemní stavitelství, Geologie a materiály, Geodézie, Pružnost a pevnost, Stavební mechanika, Nosné konstrukce, Stavební fyzika, Technická zařízení budov a Stavební projekt. Magisterský program zahrnuje povinný předmět Aktuální stavební techniky a volitelné předměty jako Vědomá modernizace obytných objektů nebo Rekonstrukce staveb [1].



Obr. 1. Struktura předmětů v bakalářském a magisterském studijním programu
a – bakalářský program, b – magisterský program

Technické předměty patří k těm, které řadě studentů činí problémy a často jsou jimi řazeny do kategorie neoblíbených [2]. Občas slyšíme, že jejich značný rozsah blokuje místo výuce, která by mohla rozvíjet kreativnost a studentův vztah k architektuře. Jen málo posluchačů je vnímá jako disciplíny, které vytvářejí teoretické zázemí architektonické

tvorbě. K získání informací o studiu a představě o budoucím povolání absolventů proběhl průzkum, kromě jiného i o předmětech technických. Dotazník vyplňovali absolventi, kteří studium ukončili v zimním semestru akademického roku 2002/2003.

Osobnost studentů, kteří byli účastníky průzkumu, byla zkoumána již v dřívějších letech [3]. Nyní bylo prostřednictvím dotazníku osloveno 50 posluchačů, z nichž se aktivními respondenty stalo 15 žen a 21 mužů, tzn. návratnost činila 72 %. Průzkum byl anonymní, sestávající z několika částí.

Informace o osobě

V souvislosti s tím, že bakalářské, a posléze magisterské studium architektury, patří k nejnáročnějším a nejdělským, je zaznamenán u jeho absolventů poměrně vysoký věkový průměr. Průzkumem bylo zjištěno, že v roce završení studia dosáhli 26,3 roku, přičemž nejmladšímu bylo 25 a nejstaršímu 33 let.

Další z otázek se týkala typu absolvované střední školy. Muži jsou spíše absolventy stavebních průmyslovek, kdežto více žen přišlo z gymnázií (tab. 1). V celkovém pohledu je počet gymnazistů (41,7 %) a průmyslováků (44,4 %) téměř totožný.

Tab. 1. Absolvovaná střední škola

Kategorie	Gymnázium	SPŠ stavební	Jiná škola
	[%]		
muži	38,1	52,4	9,5
ženy	46,7	33,3	20,0
celkem	41,7	44,4	13,9

Průzkumem bylo také sledováno, z jakého rodinného prostředí respondenti pocházejí. Neúplnost rodiny z důvodu úmrtí jednoho z rodičů byla zjištěna ve třech případech. Obecný trend o vstupu do manželství v pozdějším věku se odrazil i v našem průzkumu – pouze dvě ženy jsou vdané a jeden muž ženatý.

Zjišťovalo se rovněž vzdělání rodičů. V jednom případě měl jeden z rodičů základní vzdělání. Rodičů se středním odborným vzděláním nebo vyučením je 13,9 %. Dalších 36,1 % jsou absolventi středních škol. Studenti pocházejí většinou z rodin, v nichž alespoň jeden z rodičů má vysokoškolské vzdělání, podíl činil 48,6 % (tab. 2). Snad mohl průzkum podat také informaci o tom, kolik respondentů pochází z rodin, v nichž jeden z rodičů je architektem nebo stavebním inženýrem, popř. je vzdělání architekta vnímáno jako rodinná tradice. Občas totiž slyšíme, že studenti pocházející z těchto rodin zvládají studium, nebo spíše jeho začátky, poněkud snadněji, než je tomu u těch, kteří nemohou využít bezprostřední radu nebo pomoc svých nejbližších.

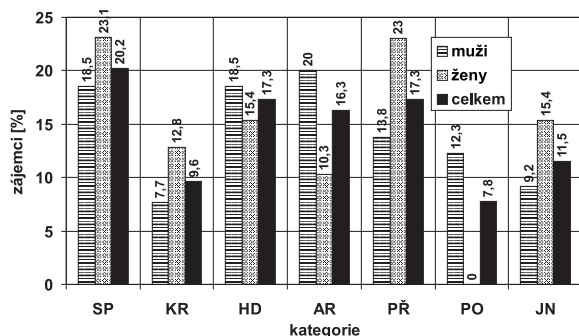
Průzkum byl zaměřen i na poznání povahových vlastností a temperamentu. Absolventi se měli zařadit mezi osoby racionálně nebo citově založené, popř. ohodnotit míru své otevřenosti nebo uzavřenosti. Výsledkem je informace o tom, že počet racionálně (51,4 %) a citově (48,6 %)

Tab. 2. Vzdelání rodičů

Studenti	Rodiče	ZŠ	Vyučen	SŠ	VŠ
muži	otec	–	14,3	23,8	61,9
	matka	4,8	19,0	42,8	33,4
ženy	otec	–	20,0	20,0	60,0
	matka	–	–	60,0	40,0
celkem	–	1,4	13,9	36,1	48,6

založených osob je jak u žen, tak i mezi muži, téměř totožný. Ve prospěch uzavřenosti se vyslovilo 62,5 % osob, jako otevřená povaha se označilo 37,5 % respondentů.

Jaké mají studenti možnosti věnovat se na vysoké škole koníčkům a zálibám? Značné nároky na čas a soustředění na studium je vede k tomu, že nutně svá hobby omezují. Z průzkumu vyplynulo, že je tomu především u žen, když 80 % jich tyto aktivity omezilo; výrazně méně je to u mužů 28,6 %. Velké množství odpovědí označilo za svůj zájem sport, hudbu, architekturu, přírodu, popř. blíže nespecifikované odvětví (obr. 2). Je překvapivé, že zatímco o sport a přírodu projevují velký zájem ženy (23 %), architekturu jako svého koníčka jich vnímá pouze 10,3 % a o počítačích jako o svém koníčku se nezmínila žádná dotazovaná. U mužů je situace odlišná – u nich je největší zájem o architekturu, dále pak o sport a hudbu. Toto vyjádření však ve svých důsledcích v žádném případě nemůže vést k jednoduchému a povrchnímu tvrzení, že ženy nemají tak výrazný sklon k architektonické tvorbě jako muži. Spíše je to třeba vnímat v souvislostech, ve kterých žena již během studia poznala, že ve všestrannosti a mimopracovních zájmech může najít přirozenou cestu k odpočinku. Z průzkumu vyplývá, že aktivním sportováním a vztahem k přírodě snadněji překonává mnohdy velice intenzivní psychickou i fyzickou pracovní zátěž, kterou nezdávka doprovází stres.

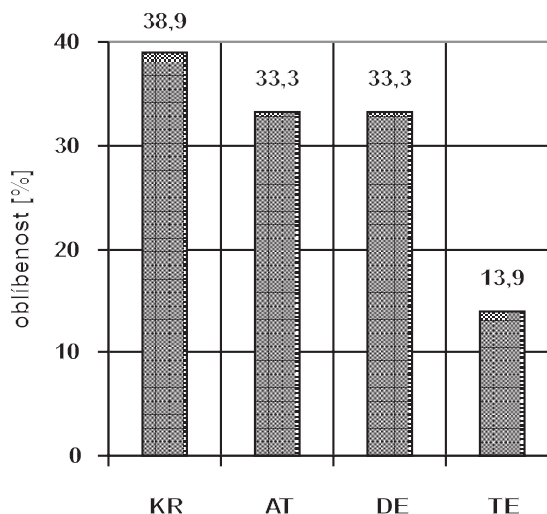


Obr. 2. Zájem o pěstování koníčků

SP – sport, KR – výtvarná činnost, HD – hudba,
AR – architektura, PŘ – příroda, PO – počítače, JN – jiný

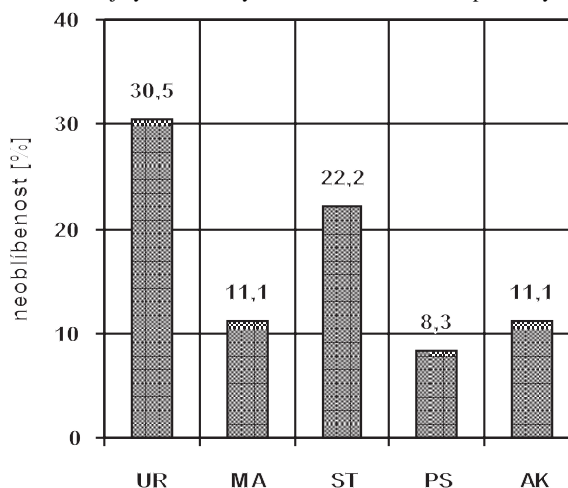
■ Informace o studiu

Tato část průzkumu byla věnována vztahu studentů k jednotlivým předmětům a jejich zájmu o vyučované předměty. Velké oblíbenosti u studentů FA VUT v Brně se těší předměty výtvarné a ateliéry (obr. 3). Za své oblíbené je považuje 38,9 %, resp. 33,3 % dotázaných. Ateliérem se rozumí semestrová práce, ve které studenti zpracovávají jedno zadání. V komentářích k dotazníkům se však objevil námět, aby se v ateliéru řešilo několik zadání, tzv. malé ateliéry nebo workshopy, které by po obsahové stránce řešily především koncepci architektonického díla. Bylo také doporučeno, aby ateliér nebyl spojován s technickým řešením, kterému se projekt přizpůsobuje. Respondent argumentoval tím, že zvládnutí technické stránky projektu je již otázkou praxe.



Obr. 3. Oblíbenost předmětů

KR – výtvarná činnost, AT – ateliéry,
DE – dějiny architektury a umění, TE – technické předměty



Obr. 4. Neoblíbenost předmětů

UR – urbanismus, MA – matematika, ST – statika,
PS – pozemní stavby, AK – akustika staveb

Velmi pozitivně je hodnocena i výuka dějin architektury a umění s 33,3 % hlasů. Technické předměty z hlediska oblíbenosti stojí poněkud stranou. Individuálně získaly jeden nebo nejvýše dva hlasy, uvedených 13,9 % získaly Pozemní stavitelství a TZB, popř. označení technické předměty.

Velmi silně kritice byla podrobena výuka urbanismu (obr. 4). Celkem 30,5 % respondentů jej z mnoha důvodů považuje za neoblíbenou disciplínu. Nalézt kořeny tohoto problému bude zasluhovat samostatnou analýzu. Příznivě vyznívá pohled na další architektonické předměty, které nebyly z hlediska neoblíbenosti hodnoceny více než jedním hlasem. Z technických předmětů se 22,2 % respondentů vyjádřilo kriticky k předmětu Statika, 11,1 % k Akustice staveb a 8,3 % k Pozemnímu stavitelství. Za předměty s příliš velkým rozsahem výuky je považován urbanismus, ke kterému se v tomto duchu vyjádřilo 44,4 % respondentů a Statika (Nosné konstrukce) s 13,8 %.

Studenti také vyslovili svůj názor na to, kterých předmětů je málo, nebo ve studijních programech zcela chybějí. Nejpalcivěji, s 36,1 %, je chápána absence většího rozsahu výuky soudobé architektury, a to jak z hlediska současného rozsahu, tak i náplně výuky. Dále zpravidla jde o zcela chybějící nebo s nedostatečným rozsahem probíhající výuku humanitních předmětů, jako jsou jazyky, filozofie, právo,

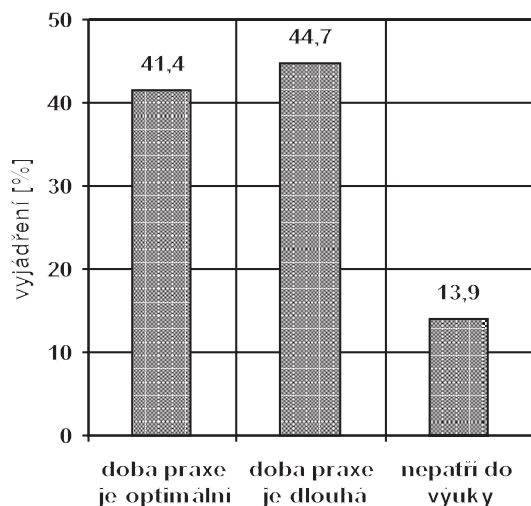
rétorika nebo prezentace architektonického díla. Z technických předmětů je požadován větší rozsah výuky o nových materiálech, názorná výuka statiky vyplývající z poznatků zjištěných na realizovaných stavbách nebo stavitelství se zaměřením na moderní konstrukce a technologie.

Čerství absolventi byli také dotazováni na délku studia. Je nutno podotknout, že šlo o ročník, který ve škole strávil 6,5 roku. Při poslední akreditaci studijních programů (v roce 2002) však na doporučení akreditační komise došlo ke zkrácení studia o jeden semestr na šest let. Šest a půl roku považovalo za přiměřenou dobu strávenou ve škole 47,2 %, za příliš dlouhou 44,4 % a nevyjádřilo se 8,3 % osob. Nespokojení s délkou studia nejčastěji navrhovali jeho zkrácení o jeden semestr, tzn. na současných šest let.

■ Informace o praxi

Magisterské studium je zahájeno dvousemestrální řízenou praxí, která podle přesně definovaných kritérií probíhá mimo fakultu u autorizovaných osob. Jejím smyslem je umožnit, aby se absolvent bakalářského studia mohl seznámit s tím, co jej čeká po absolvování školy, a současně získal vědomosti a schopnosti ke zdárnému zvládnutí zbývajících studia [4]. Studenti poznávají, že práce architekta je také spojena s prací na projektech pro provedení stavby. Na reálných zakázkách si ověřují, do jaké míry jsou studiem technických předmětů na tuto činnost připraveni. Studenti se z praxe vracejí vyzrálější a nabytí zkušenostmi, které jim škola ani při nejlepší vůli nemůže zajistit.

Praxe je občas vnímána ambivalentním pohledem, který ji jednou považuje za zcela nezbytnou a jindy, i když v malé míře, za „doplňk“ studia, který do jeho programu nepatří. Abychom na celou věc získali názor nejčerstvějších absolventů školy, byl průzkum věnován i této problematice. K tomu, že praxe do studia patří a její dvousemestrová doba je správná, se vyjádřilo 41,4 % osob (obr. 5). Neodmítá ji, ale její zkrácení na dobu jednoho semestru navrhuje 44,7 % respondentů. Zcela ji odmítá 13,9 % osob.



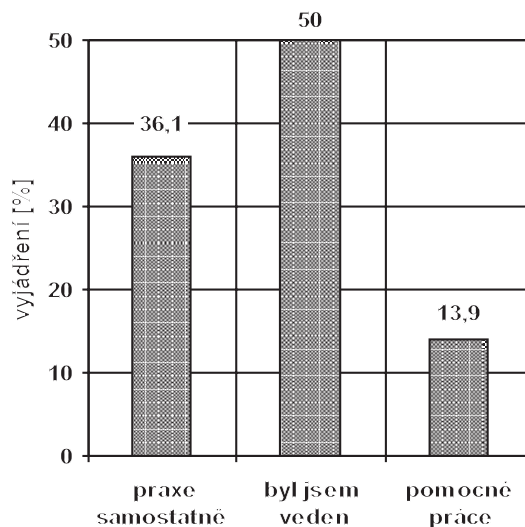
Obr. 5. Vyjádření k délce praxe

Osoby, které nastupují do praxe, mají nadále statut studenta, jsou to však již absolventi fakulty architektury s ukončeným vysokoškolským bakalářským vzděláním. Proto lze očekávat, že budou vykonávat tomu odpovídající kvalifikované práce. Získané výsledky jsou příznivé, neboť 86,1 % absolventů bakalářského studia vykonávalo činnost, které jsou adekvátní jejich vzdělání (obr. 6). Z toho 36,1 % praktikujících pracovalo v týmu, ale spíše samostatně, a dalších 50 % pracovalo v týmu, ale pod odborným dohledem.

Zbývajících 13,9 % po dobu praxe vykonávalo pouze pomocné projekční práce.

Praxe musí být vykonávána alespoň po dobu jednoho semestru u jedné architektonicko-urbanistické projekční kanceláře. Druhý semestr může být absolvován u dalších subjektů v oblasti architektury, urbanismu nebo stavitelství, ovšem v obdobích ne kratších než dva měsíce. Přestože je možno projít více pracovišti, není v době praxe zaznamenávána přílišná migrace. Studenti ji absolvují zpravidla v jedné architektonické kanceláři, k čemuž se vyjádřilo 66,8 % osob. Na dvou místech ji absolvovalo 16,6 %, na třech a více místech 16,6 % studentů. Práci si nalézají bez pomoci školy, a to buď v celé ČR, nebo i v zahraničí.

I když škola dbá na dodržování pravidel týkajících se této praxe, přesto se občas vyskytnou případy, ve kterých nebyla všechna respektována. Jednou z anonymních otázek proto bylo, zda praxe byla vykonávána v souladu se stanovenými pravidly. Je příznivé, že 80,6 % odpovědělo kladně a pouze 19,4 % přiznalo, že neproběhla zcela v intencích pravidel.



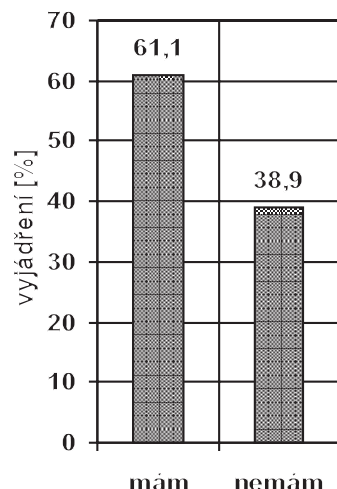
Obr. 6. Využití kvalifikace

■ Informace o povolání

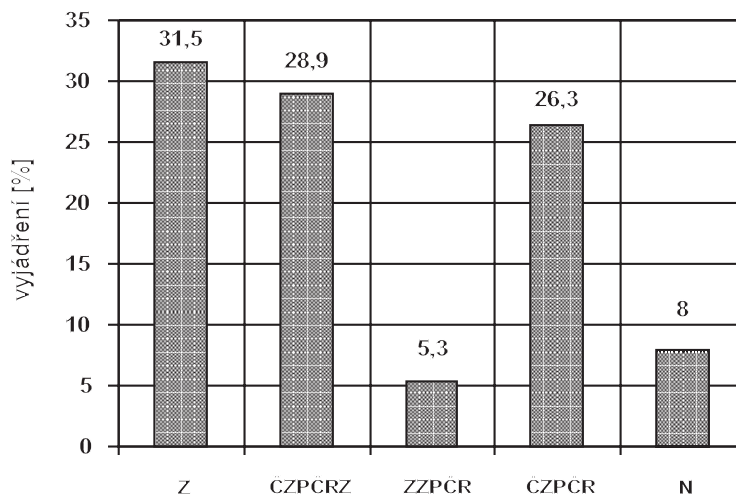
Poslední část průzkumu se týkala budoucího povolání (obr. 7). Již po úspěšné obhajobě diplomové práce mělo 61,1 % absolventů zajištěno zaměstnání. Bez perspektivy dosud bylo 38,9 % osob. I když byl průzkum konán ihned po ukončení studia, přesto se zde objevuje známá skutečnost, že nejvíce nezaměstnaných absolventů Vysokého učení technického pochází z Fakulty architektury.

Dosavadní představa o výkonu povolání je u většiny, tj. 91,7 %, absolventů spojena s architektonickým nebo urbanistickým navrhováním – projektováním. Přitom je skutečností, že po počátečním entuziasmu mnoho architektů projektování jako své hlavní zaměstnání opouští nebo se mu věnuje pouze příležitostně. Dlouhodobě se projektováním zabývá přibližně čtvrtina až třetina graduovaných architektů.

Další část průzkumu se týkala představy o budoucím pracovišti, resp. o zaměstnavateli (obr. 8). Představu, že práci bude nejráději vykonávat v zahraničí, má 31,5 % respondentů, dalších 28,9 % chce pracovat u českého zaměstnavatele s možností práce v ČR i v zahraničí. Činnost spojenou se zahraničním zaměstnavatelem, ovšem v ČR, chce vykonávat 5,3 %. Jen v ČR chce pracovat 26,3 %, z nichž většina jsou ženy. Zbývajících 8 % není zatím rozhodnuto. Z této části průzkumu je zřejmá poměrně velká snaha o spolupráci se zahraničními subjekty, ať již v cizině, nebo v ČR.



Obr. 7. Informace o zajištění zaměstnání



Obr. 8. Představa o budoucím zaměstnavateli

Z – budu pracovat v zahraničí, ČZPČRZ – český zaměstnavatel s prací v ČR i zahraničí, ZZPČR – zahraniční zaměstnavatel s prací jen v ČR, ČZPČR – český zaměstnavatel s prací jen v ČR, N – neví

Výkon práce architekta jako osoby samostatně výdělečně činné je spojen s potřebou autorizování u České komory architektů. I když na tuto činnost je potřebná alespoň tříletá praxe, přesto o autorizaci již v době ukončení studia absolventi vážně přemýšlejí. Představu, že se autorizovat rozhodně budou, má 52,8 % osob. Možnost autorizace připouští 27,8 % a autorizaci vylučuje 8,3 % osob. Zda k autorizaci přikročí, dosud neví 11,1 % dotázaných.

Závěr

Průzkum poskytl informace o absolventech FA VUT v Brně. Byl zaměřen k obsahové náplni bakalářského a magisterského studijního programu s přihlédnutím k názorům bývalých studentů na vyučované technické předměty. Vyšlo se v něm z poznání studentovy osobnosti, analýzy vztahu k předmětům, získání názorů o praxi v magisterském studijním programu a na budoucí povolání.

Chybík, J.: Attitudes of Architectural Students to Technical Subjects

This article provides information on the results of a survey of students' attitudes to teaching technical subjects at the Faculty of Architecture of the Technical University in Brno.

Literatura

- [1] Chybík, J.: Fakulta architektury Vysokého učení technického v Brně. [Sborník], Diplomové práce FA VUT. Brno, 2003, s. 17.
- [2] Chybík, J.: Vztah studentů k předmětům vyučovaným na Fakultě architektury VUT v Brně. [Sborník], vědeckopedagogická konference, Brno, FA VUT, 1998, s. 141–145.
- [3] Chybík, J.: Profil studenta architektury. Stavební obzor, 6, 1997, č. 9, s. 277–281.
- [4] Chybík, J. – Koutný, J.: Fakulta architektury VUT v Brně v současnosti. Urbanismus a územní plánování, 4, 2001, č. 5, s. 9–16.

Článek byl zpracován v rámci výzkumného záměru č. 264100016 MSM.

Chybík, J.: Die Beziehung von Architekturstudenten zu technischen Fächern

Der Artikel berichtet über die Ergebnisse einer Untersuchung der Meinung von Studenten zum Sinn des Unterrichts technischer Fächer an der Fakultät für Architektur an der TU Brünn

• dizertace



Smykové působení plášťů z tenkostěnných ocelových profilů

Ing. Dušan Čepička

Práce se zabývá spolupůsobením střešních tenkostěnných ocelových plášťů s nosnou konstrukcí průmyslových budov. Experimentálně a teoreticky analyzuje chování typických střešních panelů tvořených výsekem střechy. Na základě studie alternativních řešení autor vypracoval návrh pro aplikaci zjištěných poznatků při běžném projektování.

Vývoj měřicí techniky pro současné stanovení přenosových a akumulčních parametrů vody a vodní páry

Ing. Milena Jiříčková

Práce podává ucelený obraz o současném stavu transportu plynné a kapalné vlhkosti, uvádí řadu standardně používaných měřicích metod, ale především přináší aplikaci nové mikrovlnné metody. Přínosem je aplikace techniky TDr pro měření parametrů transportu vlhkosti a porézních stavebních materiálů.

SKANSKA

Stavební společnost Skanska si již dlouhodobě udržuje vedoucí postavení na stavebním trhu v České a Slovenské republice. V uplynulých letech prošla mnoha organizačními změnami, jejichž výsledkem bylo uspořádání do šesti divizí podle oboru činnosti nebo regionální působnosti. Nejmladší z nich je Divize Technologie, jejímž ředitelem je Ing. Jiří Čadek.



Co bylo důvodem vzniku vaší divize a co mu předcházelo?

Divize Technologie vznikla jako samostatná organizační jednotka společnosti Skanska CZ, a. s., 1. ledna 2003. V roce 2002 ještě působila pod hlavičkou divize Beton a stavební technologie, v níž se soustředily veškeré speciální stavební činnosti od výroby betonových směsí až po domovní techniku. Postupně se však začalo ukazovat, že takový záběr činnosti je příliš rozsáhlý, různorodý a rozdílný a že by bylo vhodné je od sebe oddělit. V této době byla také zrušena divize Slovensko a místo ní zřízena samostatná Divize Technologie.

Čím se tedy vaše divize v současnosti zabývá?

Okruh činností, které realizujeme, je velice široký. Zahnuje komplexní dodávky TZB, tzn. veškeré instalace vody, topení, slaboproudé a silnoproudé elektroinstalace, vzduchotechniku a chlazení, stabilní hasicí zařízení (sprinklery), liniové stavby nebo pokládku potrubních systémů pro všechny druhy médií. Dále zajišťujeme výrobu a montáž ocelových konstrukcí či výplní stavebních otvorů a sklohliníkových fasádních pláštů. Podílíme se také na výstavbě metra. Nově provádíme sanaci a likvidaci azbestu z objektů.

Některé komponenty pro tyto instalace si i sami vyrábíme. Sem patří kulaté a hranaté vzduchotechnické potrubí Spiro

a Flexo, předvýroba tlakových nádob u vody a topení nebo polotovary pro výrobu sprinklerů, vyrábíme vlastní ocelové konstrukce a plastové a hliníkové výplně otvorů.

Jednotlivé profese jsou organizovány do čtrnácti výrobních středisek. Střediska technologických zakázek provádějí veškeré instalační práce a středisko vyššího dodavatelství realizuje stavby na klíč.

Jaké výhody nabízí investorům spolupráce s Vaší společností?

Naši hlavní devizou je skutečnost, že v oblasti TZB nabízíme investorům komplexní balík služeb. Všechny profese jsou tak zahrnuty pod jednou smlouvou a má je na starosti jeden koordinátor. Vztahuje se na ně jedna záruční lhůta a případné reklamace se řeší pouze s jedním dodavatelem, což investorům značně usnadňuje komunikaci. Zázemí skupiny Skanska přináší také jistotu stabilního partnera, který bude na trhu působit i za pár let a který garantuje vysokou kvalitu. Disponujeme všemi oprávněními k provádění jednotlivých činností, máme zavedený systém řízení jakosti výroby i tým vyškolených a zkušených kmenových pracovníků.

Na jakých významných stavbách jste se v minulosti podíleli?

Práci naší divize reprezentuje řada prestižních, náročných a zajímavých staveb. Patří sem například výstavba centrály pro společnost Daimler Chrysler v Praze-Chodově, kde jsme realizovali kompletní dodávku domovní techniky. Obdobnou dodávku dokončujeme nyní také v objektu ČSÚ v Praze 10 pro Divizi Project Development. Zajímavou stavbou je také ekologická kotelná na spalování biomasy ve Žluticích nebo právě probíhající stavba VVTL RS plynu v Praze-Měcholupech pro Pražskou Plynárenskou, a. s. Naše ocelové konstrukce ukrývají objekty Žárové zinkovny Wiegel v Hradci Králové nebo Cargo ČSA v Praze-Ruzyni. Sprinklerová hasicí zařízení jsme montovali v továrně Philips v Hranicích, v řetězcích obchodních center Carrefour, Kaufland, Makro, Ikea, Hornbach či Sconto. Na nově budované trase metra IV. C 1 instalujeme vzduchotechnická zařízení, čerpací stanice a z části osvětlení stanic, dále také ochranný systém metra, jehož realizace byla v současné době pozastavena a projekt nyní prochází úpravou na základě zkušeností získaných při loňských povodních. Dodávali jsme fasádní plášť pro Parking C letiště Ruzyně nebo v nemocnici v Ústí nad Labem. Z budovy Finančního úřadu v České Lípě nebo ze starých vagonů metra odstraňujeme nebezpečné azbestové izolace.

Jaké plány máte do budoucna?

Rádi bychom dále rozvíjeli jednotlivé činnosti, v nichž máme dlouholeté zkušenosti. Chtěli bychom proniknout do petrochemie, energetiky a dalších technologicky náročných oborů, kde svou příležitost vidíme v možnostech rekonstrukce stávajících energetických zdrojů a zabezpečování jejich servisu. Kromě zajišťování servisu naší mateřské společnosti se musíme každý den prosazovat v tvrdé konkurenci mimo ni, kde v současné době realizujeme cca 70 % našich tržeb. Letos bychom chtěli dosáhnout předpokládaných tržeb naší divize okolo 2,5 mld. Kč. Pokud se nám tyto nové rozvojové plány podaří naplnit, očekáváme roce 2006 výkony okolo 4,5 mld. Kč.

• soutěže

Výsledky slavnostně vyhlášeny

Výsledky 5. ročníku veřejné anonymní architektonické soutěže pro architekty, projektanty a studenty, vyhlášené pro rok 2003 pod názvem „O nejlepší rodinný dům pro bydlení v příměstských oblastech a na venkově z cihlového systému POROTHERM 2003“, byly slavnostně vyhlášeny a ceny předány koncem září na slavnostním večeru společnosti Wienerberger cihlářský průmysl, a. s., v divadle Bez zábradlí. Ze 68 soutěžních návrhů, které byly do soutěže přihlášeny, vybrala odborná porota k ocenění osm projektů a rozhodla udělit všech osm vyhlášených cen.



Miroslav Vodák, České Budějovice

Za jasnou a srozumitelnou dispozici, střídou architekturu snadno realizovatelnou stavbu a možnost dalšího rozšiřování domu.



Michal Bernart, Kladno

Návrh řeší objekt určený pro náročnějšího uživatele. Porota ohodnotila zejména snahu o začlenění do příměstské zástavby.



Martin Kačárek, České Budějovice

Porota ocenila zvláštní dispoziční řešení i provozní vztahy a velmi příjemný architektonický dojem, kterým objekt působí.



Ing. arch. Martin Čermák, Praha

Za architektonické a hmotové řešení, funkční a přehlednou dispozici, možnost postupného růstu domu, komfortnost řešení příslušenství.

■ Zvláštní cena POROTHERM

Dušan Řezáč, Strakonice

Návrh byl oceněn za jednoduché dispoziční i hmotové řešení.

■ Zvláštní cena Státního fondu rozvoje bydlení

Ing. arch. Erich Hocke – Ing. arch. Adéla Štěředová, Praha

Za jednoduché architektonické řešení vhodné pro venkovskou oblast a možnost využití bezbariérového bydlení.

■ Zvláštní cena Ministerstva pro místní rozvoj

*Stanislava Kváčová, Ústí nad Labem-Brná
Petr Šíkola, Malá Skála*

Porota ocenila především využití KCS PTH, návrh jednoduché a kompaktní hmoty a přehledné dispoziční řešení

■ Zvláštní cena Vydavatelství BertelsmannSpringer CZ

Ing. arch. Jiří Siegel, Praha

Projekt je po dispoziční stránce velmi přehledný, jednoduché řešení umožňuje dvougenerační bydlení.

Soutěž, kterou Wienerberger cihlářský průmysl, a. s., vyhláší pod záštitou Ministerstva pro místní rozvoj, ve spolupráci se Státním fondem rozvoje bydlení a mediálním partnerem Vydavatelstvím BertelsmannSpringer CZ a s dalšími partnery – Ministerstvem průmyslu a obchodu ČR, Fakultou stavební ČVUT, Českou komorou architektů, Obcí architektů, Českou komorou autorizovaných inženýrů a techniků, Českým svazem stavebních inženýrů a Českou energetickou agenturou, má za cíl získávat kvalitní projekční návrhy pro bytovou výstavbu, které invenčně využijí možnosti, jež pro konstrukci domu nabízí cihlový systém POROTHERM. Zejména pak jeho technická úroveň a materiálová kvalita, energetická úspornost a cenová výhodnost. A to nejen z hlediska vlastní výstavby, ale i z hlediska následného užívání, provozu a údržby.

Tisková informace

• veletrhy

Marmomacc 2003

Počátkem října proběhla v italské Veroně jedna z předních přehlídek výsledků práce mramorářského a kamenického průmyslu. Ve městě s bohatou historií a architekturou představili vystavovatelé nejnmodernější trendy a poznatky ve způsobech těžby, opracování a architektonického ztvárnění tohoto ušlechtilého materiálu.

Součástí bohatého doprovodného programu byl již osmý ročník soutěže, jejíž International Stone Architecture Award je jedním z prestižních ocenění architektonických prací mezinárodního významu. Z předložených zhruba třiceti prací, vytvořených za poslední dva až tři roky, vybrala porota šest projektů:

- most Suransuns přes řeku Viamala (Chur, Switzerland, 2000) – autoři Jürg Conzett, Gianfranco Bronzini a Patrick Gartmann (*obr. 1*);
- Pařížské náměstí 3, DG Bank (Berlín, Germany, 2000) – autor Frank O. Gehry (*obr. 2*);
- prezidentský palác (Santa Cruz de Tenerife, Spain, 2001) – autorství AMP Arquitectos (Felipe Artengo, Fernando Martin Menis, José Maria Rodriguez-Pastrana) (*obr. 3*);
- komplex rezidencí a úřadů na náměstí Walter Benjamin Platz (Berlín, Germany; 2001) – autor Hans Kollhof (*obr. 4*);
- Vulcania – evropský park Volcano (St. Ours-Les-Roches, Chermont-Ferrand, France, 2002) – autor Hans Hollein (*obr. 5*);
- nová plocha nádvoří Bottari block (Siracusa, Italy, 2002) – autor Vincenzo Latina (*obr. 6*).

Za velký přínos v oblasti architektury kamene se rozhodla udělit ocenění In memoriam Mariu Ridolfimu (1904–1984) za dům Lina (Marmore, Terni, Italy, 1964–1967) (*obr. 7*). Letos stejně jako v předchozích letech byla pro zájemce připravena publikace oceněných prací i s dokumentací.



obr. 1

www.marmomacconline.com



obr. 6



obr. 2



obr. 7

Pořadatel veletrhu VeronaFiere spolu s videoknihovnou kamene ve Volargnu tvoří základní pilíře prezentace průmyslu kamene nejen pro oblast Verony a Itálie.

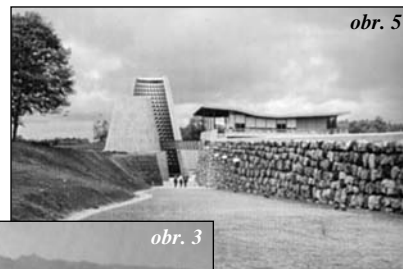
Významně roste společná účast na mezinárodních akcích. Marmomacc není jen „portálem“ pro informace zdůrazňující uzavřený okruh architektů a projektantů, ale v plném slova smyslu „virtuální“ výstavou, kde operátoři a vystavovatelé mohou pouhým kliknutím na webovou stránku navštívit výstavu znovu a znovu, i když se její brány již dávno zavřely.



obr. 4



obr. 3



obr. 5

Tisková
informace

STAVEBNÍ OBZOR

ROČNÍK 12 ČÍSLO 10/2003

Navigace v dokumentu

OBSAH

Bursík, M. Stav obvodových plášťů první generace panelových domů	289
Pavlík, Z. – Maděra, J. – Černý, R. Teplotně vlhkostní analýza stavební konstrukce v rámci semi-scale experimentu a počítačových simulací	296
Stejskal, F. Rekonstrukce panoramatického kina ve Varnsdorfu	300
Bukovský, J. Public Private Partnership – možnosti jeho aplikace	303
Bočková, K. Model projektově orientované společnosti a jeho adaptace na průmysl stavebnictví	306
Koska, B. – Štroner, M. – Pospíšil, J. Algoritmus určování rovnice roviny pro laserové skenování	309
REJSTŘÍK	I – VI

10 • 2003

ročník 12

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

Bursík, M.
Stav obvodových plášťů první generace panelových domů 289

Pavlík, Z. – Maděra, J. – Černý, R.
Teplotně vlhkostní analýza stavební konstrukce v rámci semi-scale experimentu a počítačových simulací 296

Stejskal, F.
Rekonstrukce panoramatického kina ve Varnsdorfu 300

Bukovský, J.
Public Private Partnership – možnosti jeho aplikace 303

Bočková, K.
Model projektově orientované společnosti a jeho adaptace na průmysl stavebnictví 306

Koska, B. – Štroner, M. – Pospíšil, J.
Algoritmus určování rovnice roviny pro laserové skenování 309

REJSTŘÍK I – VI

CONTENTS

Bursík, M.
Assessment of the Condition of the Circumferential Sheathing of the First Generation of Prefab Houses 289

Pavlík, Z. – Maděra, J. – Černý, R.
Hygrothermal Analysis of a Multi-Layered Building Envelope Using a Semi-Scale Experiment and Computer Simulations .. 296

Stejskal, F.
Reconstruction of the Cinerama in Varnsdorf 300

Bukovský, J.
Public Private Partnership – Potential Applications 303

Bočková, K.
A Project-Oriented Society Model and Its Adaptation to the Construction Industry 306

Koska, B. – Štroner, M. – Pospíšil, J.
Algorithm of Determination of the Equation of the Light Plane for Laser Scanning 309

REGISTER I – VI

INHALT

Bursík, M.
Bewertung des Zustands der Außenwände von Fassaden der ersten Generation von Plattenbauten 289

Pavlík, Z. – Maděra, J. – Černý, R.
Wärme-Feuchtigkeits-Analyse einer Baukonstruktion mit Hilfe eines „Semi-scale“-Experiments und von Computersimulationen .. 296

Stejskal, F.
Rekonstruktion eines Panoramakinos in Varnsdorf 300

Bukovský, J.
Public Private Partnership – Anwendungsmöglichkeiten 303

Bočková, K.
Modell eines projektorientierten Unternehmens und seine Anpassung an die Bauindustrie 306

Koska, B. – Štroner, M. – Pospíšil, J.
Algorithmus zur Bestimmung der Gleichung der Ebene für Laserscannen 309

REGISTER I – VI

REDAKČNÍ RADA**Předseda:**

prof. Ing. Jiří STUDNIČKA, DrSc.

Místopředseda:

doc. Ing. Alois MATERNA, CSc.

Tajemníci:

doc. Ing. Milan KAŠPAR, CSc.

doc. Ing. Jindřich ŠMEJČKÝ, CSc.

Členové:

Ing. Miroslav BAJER, CSc.

doc. Ing. Pavel HÁNEK, CSc.

Ing. Jiří HIRŠ, CSc.

Ing. Ivan HRDINA

doc. Ing. Vladimír JELÍNEK, CSc.

Ing. Miroslav JEŽEK, CSc.

doc. Ing. Miroslav KAUN, 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.

doc. Ing. Vlastimil STARÁ, CSc.

Ing. Karel SVOBODA

doc. Ing. Jiří VÁŠKA, 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 tisku 5. 11. 2003. Nevyžádané rukopisy se nevracejí.

INDEX 47 755, ISSN 1210-4027

STAVEBNÍ OBZOR

ROČNÍK 12

ČÍSLO 10/2003

Stav obvodových plášťů první generace panelových domů

Ing. Martin BURSÍK
ČVUT – Fakulta stavební
Praha

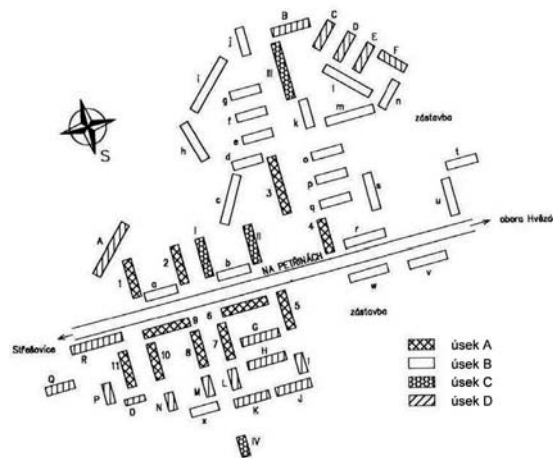
Článek poukazuje na příkladech vad zjištěných vizuální prohlídkou na potřebnost průběžného sledování stavu obvodových plášťů panelových domů pro včasné provedení úprav zlepšujících funkční vlastnosti, prodlužujících životnost domů a zajišťujících statickou bezpečnost prvků obvodových plášťů. Zároveň poukazuje na možnost využití zkušeností s dosud provedenými zásahy na panelových domech pro omezení vad vyskytujících se po úpravách.

Tab. 1. Druhy poruch

Č.	Porucha
1.	mapa trhlinek tl. 0,5 mm – štít
2.	mapa trhlinek tl. > 1,0 mm – štít
3.	odlupování povrchových vrstev fasády – štít
4.	sloupané povrchové vrstvy fasády štítu
5.	trhliny a narušení okraje štítu
6.	spáry mezi panely – dlouhé trhlinky tl. 1–3 mm
7.	spáry mezi panely – síť mikrotrhlin do tl. 0,2 mm
8.	svislé dlouhé trhlinky tl. do 2 mm u okrajů panelů fasády
9.	slabá krycí vrstva panelů – viditelné panely (vstup)
10.	slabá krycí vrstva panelů – vyditelná výztuž (vstup)
11.	síť trhlinek do tl. 0,2 mm v napojení vstupu na objekt
12.	svislé trhlinky tl. 0,5 mm v napojení vstupu na objekt
13.	odlupování povrchových vrstev fasády na vstupu
14.	narušení hrany vstupu
15.	slabá krycí vrstva panelů – rez (nezateplená fasáda a vstup)
16.	nezateplená fasáda – svislé trhlinky pod okny tl. 0,5–2 mm
17.	zateplená fasáda – vodorovné trhlinky tl. 0,5 mm
18.	zateplená fasáda – svislé trhlinky tl. 0,5 mm
19.	zateplená fasáda – odlupování povrchové vrstvy fasády
20.	dilatace – přiznána svislá spára do tl. 1 mm
21.	dilatace – svislé trhlinky do tl. 2 mm u okrajů panelů
22.	odlupování povrchových vrstev atiky
23.	narušení částí atiky – vyditelná výztuž
24.	lodžie svislé trhlinky do tl. 2mm: betonové zábradlí – stěna
25.	lodžie – svislá trhlinka do tl. 5 mm mezi lodžie
26.	lodžie – odlupování povrchových vrstev stropu
27.	lodžie – viditelná výztuž ve stropu
28.	nezateplená fasáda – přiznané svislé spáry do tl. 10 mm
29.	nezateplená fasáda – přiznané vodorovné spáry do tl. 10 mm
30.	nezateplená fasáda – odlupování povrchových vrstev v místě spár
31.	nezateplená fasáda – odlupování povrchových vrstev
32.	zateplená fasáda – odlupování povrchových vrstev

Úvod

V padesátých letech se začala rozvíjet hromadná výstavba panelových domů. Stavěla se sídliště v různých lokalitách. V současnosti se začíná projevovat stáří těchto domů a nutnost jejich opravy. Je třeba průběžně sledovat stav panelových budov, zejména nejvíce ohrožené konstrukce, a ověřit jejich životnost. K nim nepochybně patří obvodové pláště vystavené klimatickým změnám, znečištění prostředí, dopravní mikroseizmicitě atd. Musíme předvídat, jaké vady a poruchy mohou u panelových budov vzniknout a rozhodnout o naléhavosti jejich opravy. Cílem příspěvku je ukázat druhy poruch na obvodových pláštích a určit poměr porušených jednotlivých fasád vzhledem ke světovým stranám.



Obr. 1. Schéma sídliště Petřiny – zkoumaná část

Výběr objektů a výskyt poruch

K ověření stavu upravovaných i neupravovaných obvodových plášťů panelových domů bylo vybráno pražské sídliště Petřiny, postavené v podstatě ze soustavy G 57, jedné z prvních soustav použitých v hromadné panelové výstavbě. Důvodem bylo i postupné zateplování štítů sledovaných domů a přiléhajících částí průčelí (v rozsahu jednoho modulového pole). Stáří zateplení není známo. Středem sídliště, v bezprostřední blízkosti některých panelových domů, prochází frekventovaná komunikace ze Střešovic do obory Hvězda s tramvajovou trasou uprostřed.

Cílem výzkumu bylo porovnání výsledků porušení obvodových plášťů domů na Petřinách s výsledky získanými na Červeném vrchu [1], kde byla použita stejná stavební soustava.

Panelové domy byly rozděleny do skupin s označením A,

B, C, D (obr. 1) a zahrnovaly:

- A – 11 sedmipodlažních objektů (19 % z celkového počtu 57 objektů) s fasádou s přiznanými spárami (stejně typy panelových domů se nacházejí na sídlišti Červený vrch);
- B – 24 čtyřpodlažních až pětipodlažních objektů (42 %) s fasádou s přiznanými spárami;
- C – 4 sedmipodlažní objekty (7 %) s fasádou se spárami zakrytými povrchovou úpravou;
- D – 18 čtyřpodlažních až pětipodlažních objektů s fasádou se spárami zakrytými povrchovou úpravou (32 %).

U čtyřpodlažních a pětipodlažních budov se nevyskytují vstupní části do objektu. V celém sídlišti jsou objekty navzájem různě postaveny, tj. každý úsek je různě orientován ke světovým stranám.

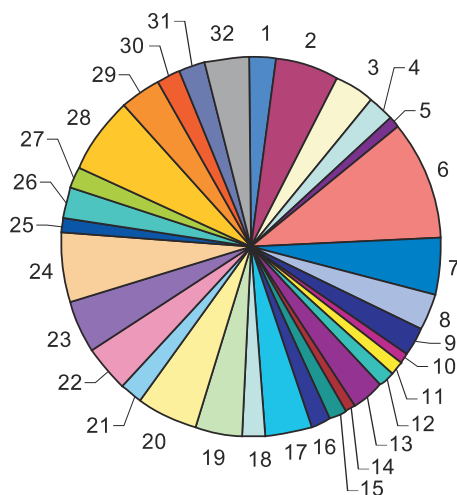
Obvodové pláště všech skupin byly vizuálně prozkoumány z úrovně terénu, vyšší místa dalekohledem. Zjištěné poruchy na průčelích a štítech jednotlivých objektů byly evidovány. Zvlášť byly zaznamenány poruchy na zateplených částech fasád a na částech nezateplených. U zateplených částí fasád byly zvlášť vedeny poruchy na štítech a zvlášť na částech průčelích. Evidována byla i orientace fasády ke světovým stranám. Celkem bylo na 57 panelových objektech zjištěno 32 druhů poruch, z toho 9 druhů se vyskytovalo na zateplených částech, převážně na štítech. Zbývající poruchy se vyskytly jen na nezateplených průčelích opatřených pouze nátěry nebo přetmelněním spár dílců. Na všech 228 fasádách (57 x 4) bylo vizuálně zjištěno 466 poruch, každá fasáda měla určitý počet poruch. Druhy poruch

Tab. 2. Porušení fasád podle druhů, úseků a orientace fasád

Č.	A				B								C				D								Porucha	[%]		
	S	J	V	Z	S	J	V	Z	JV	JZ	SZ	SV	S	J	V	Z	S	J	V	Z	JV	JZ	SZ	SV				
1.	2				1	2	3	2				1														11	4,80	
2.	1	3			1		4	1				1					1			2	2	2	1	1		4	25	10,90
3.	1	1					2	2	1			1					1			1	1	2	2	1			16	7,00
4.		1			1	1			1							3						2	2				11	4,80
5.	1	1						1																			3	1,30
6.	1	1	5	6	9	9	3	4	3	3	2	2															48	21,00
7.	1	1	5	3	6	6	1																				23	10,00
8.	1		1		5	4	1		1			1															14	6,10
9.	2		8	1																							11	4,80
10.	1		2												1												4	1,80
11.	1		3	1																							5	2,20
12.	2		5																								7	3,10
13.	2		6													4											12	5,30
14.	1		3																								4	1,80
15.	1		4		1	1																					7	3,10
16.			4	2		2																					8	3,50
17.			1	1	5	5	3		1	1																	17	7,50
18.			1	1	3	3		1	1																		10	4,40
19.	1	1	2	2	2	2	2	3				2															17	7,50
20.	2	1	7	7	1			1			1	1															25	10,90
21.			1	3	1			1			1	1															10	4,40
22.			2	1	3	1																					18	7,90
23.			1	3	4																						20	8,80
24.		2		8		10		4	3	2																	29	12,70
25.				1		2																					5	2,20
26.		1		2		2		1	1	1																	12	5,30
27.				3		1				1																	8	3,50
28.																											32	14,00
29.																											16	7,00
30.																											9	3,90
31.																											11	4,80
32.																											18	7,90
Σ	21	13	61	45	43	51	18	20	13	9	7	7		5	14	15	23	25	13	20	11	11	12	9		466		

jsou popsány v tab. 1, jejich podíl na počtu poruch na objektech jednotlivých úseků a na fasádách podle orientace vůči světovým stranám je uveden v tab. 2. Četnost výskytu jednotlivých poruch je znázorněna v grafu na obr. 2. Přehled poruch v jednotlivých úsecích na zateplených a nezateplených částech fasád spolu s podílem plochy nezateplené a zateplené na celkové ploše obvodového pláště uvádí obr. 3. Rozdělení počtu poruch podle orientace vůči světovým stranám je na obr. 4, podíl poruch na jednotlivých úsecích znázorňuje obr. 5.

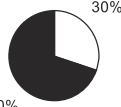
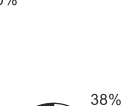
V jednotlivých úsecích se vyskytovaly rozmanité poruchy obvodových plášťů. Pro přesnější určení u jednotlivých pa-



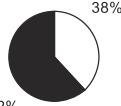
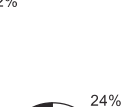
Obr. 2. Výskyt jednotlivých druhů poruch

nelových objektů či úseků byly zaznamenány pro každý úsek samostatně. U některých poruch vysoko na fasádě nebylo možné změřit tloušťku, a proto byla určena stupnice porušení s rozsahem od 0 do 10 (tab. 3 až tab. 6).

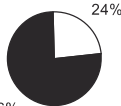
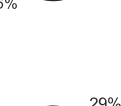
úsek A

poruchy na zateplených částech	30,00 %	
poruchy na nezateplených částech	70,00 %	
podíl zateplených ploch	28,00 %	
podíl nezateplených ploch	72,00 %	

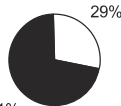
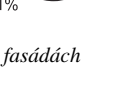
úsek B

poruchy na zateplených částech	38,00 %	
poruchy na nezateplených částech	62,00 %	
podíl zateplených ploch	24,00 %	
podíl nezateplených ploch	76,00 %	

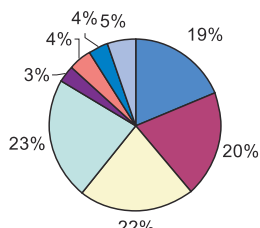
úsek C

poruchy na zateplených částech	24,00 %	
poruchy na nezateplených částech	76,00 %	
podíl zateplených ploch	29,00 %	
podíl nezateplených ploch	71,00 %	

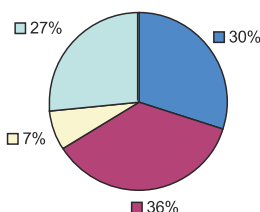
úsek D

poruchy na zateplených částech	29,00 %	
poruchy na nezateplených částech	71,00 %	
podíl zateplených ploch	40,00 %	
podíl nezateplených ploch	60,00 %	

Obr. 3. Poruchy na zateplených a nezateplených fasádách

sever	19,00 %	
jih	20,10 %	
západ	21,50 %	
východ	22,70 %	
severovýchod	3,40 %	
jihozápad	4,30 %	
severozápad	4,00 %	
jihovýchod	5,00 %	

Obr. 4. Poruchy podle orientace vůči světovým stranám

úsek A	30,00 %	
úsek B	36,00 %	
úsek C	7,00 %	
úsek D	27,00 %	
	36%	

Obr. 5. Poruchy na jednotlivých úsecích

Hodnocení poruch obvodových plášťů podle úseků

Úseky A + B + C + D

■ **fasáda štítů:** 0 – neporušena, 1 – tenké mikrotrhliny, 2 – mikrotrhliny tl. > 1 mm, 3 – dlouhé vodorovné a svislé trhliny tl. < 2 mm, 4 – dlouhé vodorovné a svislé trhliny tl. > 2 mm, 5 – síť trhlín po celé fasádě, 6 – husté síť trhlín po celé fasádě, 7 – husté síť trhlín po celé fasádě a částečně odlupování povrchové vrstvy fasády, 8 – odlupování povrchové vrstvy po celé ploše, 9 – sloupaná povrchová vrstva poloviny fasády, 10 – sloupaná celá povrchová vrstva;

■ **atika:** 0 – neporušená, 1 – mikrotrhliny na povrchu, 2 – husté mikrotrhliny na povrchu, 3 – částečné odlupování povrchové vrstvy, 4 – husté odlupování povrchové vrstvy, 5 – svislé trhliny tl. < 2 mm, 6 – svislé trhliny tl. > 2 mm, 7 – husté svislé trhliny tl. > 2 mm, 8 – částečné narušení, 9 – narušení na více místech, 10 – narušení (viditelná výztuž);

■ **dilatace:** 0 – neporušená, 1 – mikrotrhliny vedle dilatace, 2 – hustá síť mikrotrhlín vedle dilatace, 3 – příznaná svislá spára svislou trhlínou do ztracena tl. < 1 mm, 4 – příznaná svislá spára svislou trhlínou tl. < 1 mm nebo svislá spára svislou trhlínou do ztracena tl. < 1 mm včetně odlupování povrchové vrstvy vedle dilatace, 6 – svislé trhliny tl. < 1 mm vedle dilatace, 7 – hustá síť svislých trhlínek tl. < 1 mm vedle dilatace, 8 – hustá síť svislých trhlínek tl. > 1 mm vedle dilatace, 9 – narušení fasády vedle dilatace, 10 – narušení fasády vedle dilatace (viditelná výztuž);

■ **zateplená fasáda:** 0 – neporušená, 1 – mikrotrhliny na povrchu, 2 – mikrotrhliny včetně výskytu rzi z výztuže na povrchu, 3 – vodorovné trhlinky vedle nebo svislé trhlinky pod okny tl. < 1 mm, 4 – vodorovné trhlinky vedle nebo svislé trhlinky pod okny tl. > 1 mm, 5 – svislé a vodorovné trhliny tl. > 1 mm, 6 – odlupování povrchové vrstvy ve svislých a vodorovných trhlínách, 7 – svislé a vodorovné trhliny tl. > 1 mm a narušení okraje fasády, 8 – sloupané povrchové vrstvy ve svislých a vodorovných trhlínách, 9 – částečně sloupaná povrchová vrstva, 10 – sloupaná povrchová vrstva;

■ **strop lodžie:** 0 – neporušený, 1 – mikrotrhliny ve stropu, 2 – husté síť mikrotrhlín ve stropu, 3 – trhlinky tl. < 1 mm v povrchu stropu, 4 – trhlinky tl. 1 až 2 mm v povrchu stropu, 5 – husté síť trhlínek tl. > 2 mm v povrchu stropu, 6 – odlupování povrchu stropu v trhlínách, 7 – částečné odlupování povrchu stropu, 8 – odlupování povrchu stropu, 9 – odpadávání povrchu stropu, 10 – odpadávání povrchu stropu (viditelná výztuž);

■ **betonové zábradlí lodžie:** 0 – neporušené, 1 – mikrotrhliny na povrchu, 2 – hustá síť mikrotrhlín na povrchu, 3 – povrchová vrstva se odlupuje, 4 – svislé trhlinky tl. < 2 mm ve styku se svislou konstrukcí, 5 – svislé trhlinky tl. > 2 mm ve styku se svislou konstrukcí, 6 – svislé trhlinky tl. > 1 mm po povrchu celého zábradlí, 7 – svislé trhlinky tl. < 2 mm na konstrukci mezi zábradlími, 8 – svislé trhlinky tl. > 2 mm na konstrukci mezi zábradlími, 9 – narušení částí zábradlí nebo narušení částí konstrukcí mezi zábradlími, 10 – narušení částí zábradlí (viditelná výztuž nebo narušení částí konstrukcí mezi zábradlími – viditelná železa).

Úseky A + B

■ **nezateplená fasáda:** 0 – neporušená, 1 – výskyt rzi z výztuže na povrchu, 2 – krátké svislé trhlinky pod okny tl. < 1 mm, 3 – svislé trhlinky pod okny tl. < 1 mm, 4 – svislé trhlinky pod okny tl. > 1 mm, 5 – svislé trhlinky na povrchu tl. > 1 mm, 6 – svislé a vodorovné trhlinky na povrchu tl. > 1 mm, 7 – odlupování povrchové vrstvy v místech trhlín, 8 – husté odlupování povrchové vrstvy v místech trhlín, 9 – částečně sloupaná povrchová vrstva, 10 – sloupaná celá povrchová vrstva;

■ **výplň spár mezi panely:** 0 – neporušena, 1 – porušena mikrotrhlinami, 2 – porušena hustou sítí mikrotrhlín, 3 – porušena mikrotrhlinami a svislými krátkými trhlínkami tl. < 1 mm, 4 – porušena mikrotrhlinami a svislými krátkými trhlínkami tl. > 1 mm, 5 – porušena svislými trhlínkami tl. 1 – 3 mm, 6 – porušena svislými trhlínkami tl. 1 až 3 mm, 7 – porušena svislými trhlínkami tl. > 3 mm, 8 – porušena svislými trhlínkami tl. > 3 mm, 9 – porušena svislými hustými trhlínkami tl. > 3 mm včetně vypadávání výplně, 10 – vypadaná;

Tab. 3. Hodnocení poruch obvodového pláště – úsek A

Trhliny štít	Spáry mezi panely		Panely vstup	Trhliny vedle spár		Narušení atiky		Dilatace		Vstup napojení na objekt	Fasáda				Lodžie		Celkem	Hodnocení	
	v	b		v	b	v	b	v	b		nezateplená		zateplená		s	z			
											v	b	v	b					
3	8	4	4	8	8	3	3	0	5	10	3	3	0	3	10	10	4	81	10.
6	10	1	4	5	1	1	3	8	0	8	9	3	2	6	9	10	4	85	11.
0	0	7	6	8	1	1	0	0	6	5	9	3	0	1	1	0	8	48	5.
0	0	1	1	10	1	1	0	0	5	5	3	3	3	1	1	0	4	39	3.
0	0	2	2	2	1	1	0	0	5	5	2	0	0	1	1	0	4	24	1.
0	0	2	2	9	1	1	0	0	5	5	2	1	0	1	1	0	4	25	2.
0	0	8	8	6	1	1	0	8	5	5	2	0	0	1	1	8	4	52	6.
0	0	7	7	7	1	1	0	8	5	5	7	0	0	1	1	8	4	55	7.
1	1	7	7	9	1	1	0	0	5	0	9	0	0	8	6	8	4	58	8.
0	0	2	2	8	1	1	0	0	5	5	3	0	0	2	2	10	4	37	4.
6	7	7	7	4	1	1	8	3	5	5	3	0	0	2	5	0	4	64	9.
16	26	48	50	76	18	13	14	27	51	58	52	13	5	27	38	54	48		
42		140		76	31		41		109		52	18		65		102			

v – vstup, b – balkon, s – strop, z – zábradlí

■ **trhliny vedle spár mezi panely:** 0 – nevyskytují se, 1 – tenké mikrotrhliny, 2 – husté tenké mikrotrhliny, 3 – krátké svislé trhlinky tl. < 1 mm, 4 – krátké svislé trhlinky tl. > 1 mm a mikrotrhliny, 5 – svislé husté trhlinky tl. > 1 mm a mikrotrhliny, 6 – svislé trhliny tl. < 3 mm, 7 – dlouhé svislé trhliny tl. < 3 mm, 8 – husté svislé trhliny tl. > 3 mm, 9 – odlupování povrchové vrstvy fasády v trhlinách, 10 – porušení fasády.

Úseky C + D

■ **nezateplená fasáda:** 0 – neporušená, 1 – mikrotrhliny

na povrchu, 2 – svislé příznané trhlinky tl. < 2 mm na povrchu, 3 – svislé příznané trhlinky tl. 2 až 5 mm na povrchu, 4 – svislé a vodorovné trhlinky tl. 2 – 5 mm na povrchu, 5 – svislé a vodorovné trhlinky tl. 2 až 5 mm na povrchu a odlupování povrchové vrstvy v trhlinách, 6 – svislé a vodorovné trhlinky tl. 5 až 10 mm na povrchu a odlupování povrchové vrstvy v trhlinách, 7 – svislé a vodorovné trhlinky tl. > 10 mm na povrchu a odlupování povrchové vrstvy v trhlinách, 8 – v příznané spáře se hustě odlupuje povrchová vrstva, 9 – částečně sloupaná povrchová vrstva, 10 – celá povrchová vrstva sloupaná.

Tab. 4. Hodnocení poruch obvodového pláště – úsek B

Trhliny štít	Spáry mezi panely		Panely vstup	Trhliny vedle spár		Narušení atiky		Dilatace		Vstup napojení na objekt	Fasáda				Lodžie		Celkem	Hodnocení	
	v	b		v	b	v	b	v	b		nezateplená		zateplená		s	z			
											v	b	v	b					
2	1	3	3	–	6	3	0	0	0	0	–	0	0	1	4	0	1	24	3.
0	0	4	4	–	1	1	3	0	0	0	–	1	0	1	1	8	4	28	5.
0	0	5	4	–	1	1	0	0	7	0	–	0	0	1	1	0	4	24	3.
4	10	4	4	–	6	2	0	0	0	0	–	0	0	1	4	9	4	48	15.
0	0	7	7	–	2	2	8	0	0	0	–	0	0	1	1	0	4	32	7.
5	2	6	6	–	1	1	0	0	0	0	–	0	0	5	6	0	3	35	8.
3	4	1	3	–	1	1	8	0	0	0	–	0	3	7	7	0	4	42	11.
9	3	7	7	–	1	1	0	0	10	0	–	0	0	1	6	9	4	58	17.
6	4	7	7	–	1	1	0	0	0	0	–	0	0	10	5	0	4	45	13.
0	3	7	7	–	1	1	0	0	0	0	–	0	0	3	10	0	4	36	9.
9	9	7	7	–	1	1	0	0	0	0	–	0	0	6	9	8	3	60	18.
1	8	7	7	–	6	6	0	10	0	0	–	0	0	7	5	8	4	69	20.
0	0	7	7	–	6	6	0	0	5	0	–	0	0	1	1	0	10	43	12.
5	1	8	8	–	6	6	0	0	0	0	–	0	0	6	1	8	4	53	16.
5	8	7	7	–	6	6	8	0	0	0	–	0	0	6	9	0	4	66	19.
0	0	8	7	–	6	4	0	0	0	0	–	0	3	8	8	0	4	48	15.
4	5	7	7	–	1	1	0	0	0	0	–	0	0	1	1	0	4	31	6.
4	1	2	2	–	4	7	8	0	0	0	–	0	0	5	1	0	6	40	10.
4	5	7	7	–	6	6	0	0	0	0	–	0	0	3	3	0	5	46	14.
0	0	6	6	–	1	1	0	0	0	0	–	0	0	1	1	0	4	20	2.
6	1	6	6	–	1	1	0	0	0	0	–	0	0	3	8	0	4	36	9.
0	0	2	2	–	1	1	0	0	0	0	–	0	0	3	3	0	4	16	1.
0	0	2	2	–	1	1	8	8	0	0	–	0	0	3	3	0	4	32	7.
0	0	7	7	–	1	1	0	0	0	0	–	0	0	1	1	8	1	27	4.
67	65	134	134	–	68	62	43	18	22	0	–	1	6	85	99	58	97		
132		268		–	130		61		22		–	7		184		155			

Tab. 5. Hodnocení poruch obvodového pláště – úsek C

Trhliny štít		Nezateplená fasáda		Panely vstup	Narušení atiky		Dilatace		Zateplená fasáda		Lodžie		Celkem	Hodnocení
		v	b		v	b	v	b	s	z				
1	8	1	5	10	0	10	3	3	1	6	10	3	61	3.
1	10	10	8	10	0	0	5	0	10	8	8	1	71	4.
1	6	3	6	8	0	0	3	0	6	6	8	1	40	2.
1	1	2	4	7	0	3	0	0	1	10	0	4	26	1.
4	25	16	23	35	0	13	11	3	18	30	26	9		
29		39		35	13		14		48		35			

Úseky A + C

■ **panely u vstupu na schodiště:** 0 – neporušeny, 1 – mikrotrhliny na fasádě, 2 – hustá síť mikrotrhlin na fasádě, 3 – svislé trhliny tl. < 2 mm na fasádě, 4 – svislé trhliny tl. > 2 mm na fasádě, 5 – svislé a vodorovné trhliny tl. > 2 mm, 6 – husté svislé a vodorovné trhliny tl. > 2 mm, 7 – částečné odlupování povrchové vrstvy a rez, 8 – narušení rohu vstupu a částečně sloupaná povrchová vrstva a rez, 9 – narušení hrany vstupu a sloupaná povrchová vrstva a rez, 10 – viditelná výztuž a sloupaná povrchová vrstva a rez.

Úsek A

■ **trhliny v rohu vstupu:** 0 – roh neporušený, 1 – tenké mikrotrhliny, 2 – hustá síť tenkých mikrotrhlin, 3 – svislé krátké trhliny tl. < 0,5 mm, 4 – svislé krátké trhliny tl. > 0,5 mm a mikrotrhliny, 5 – svislé krátké trhliny tl. > 0,5 mm, 6 – husté svislé krátké trhliny tl. > 1 mm, 7 – svislé trhliny tl. > 2 mm, 8 – dlouhé svislé trhliny tl. > 2 mm, 9 – dlouhé husté svislé trhliny tl. > 2 mm, 10 – narušení rohu vstupu.

Výsledky průzkumu

Z celkového počtu 228 fasád jich bylo nejvíce porušeno dlouhými trhlkami tl. 1 až 3 mm ve spárách mezi panely

(48 fasád). K nejčastějším poruchám patřily příznané svislé spáry do tl. 10 mm u nezateplených fasád zakryté povrchovou úpravou, svislé trhlinky do tl. 2 mm mezi betonovým zábradlím a stěnou u lodžii, příznaná svislá spára do tl. 2 mm u dilatace, mapa trhlin tl. > 10 mm na štítu panelového domu nebo na zateplené fasádě. Varujícím zjištěním je, že poruchy se vyskytují na všech fasádách, i na již opravených a zateplených. Byly zjištěny i závažné poruchy, jako je opadaná krycí vrstva betonu, vyčnívání i většího množství železa z betonu a jeho korodování. Z hlediska výskytu podle světových stran jsou poruchy obvodových plášťů rovnoměrně rozděleny. Na všech úsecích je 70 % poruch na nezateplených fasádách a 30 % na zateplených fasádách, jejichž přesné stáří není známo.

Při hodnocení jednotlivých úseků podle stupně porušení bylo zjištěno, že nejvíce je porušen úsek B, dále úseky A, D a nejméně úsek C:

■ **v úseku A** jsou nejvíce porušeny spáry mezi panely. Obvodové průčelní pláště suterénu nejsou dilatovány. V těchto případech se dilatační spára v suterénní obvodové stěně vytvořila samovolně, a to u všech fasád. U šesti objektů z jedenácti je porušen strop lodžie natolik, že je opadaná krycí betonová vrstva, a tím je odkryta velká plocha výztuže. Stabilitu lodžie narušují i trhliny ve spoji mezi betonovým zábradlím a stěnou lodžie. V dobrém stavu je nezate-

Tab. 6. Hodnocení poruch obvodového pláště – úsek C

Trhliny štít		Nezateplená fasáda		Panely vstup	Narušení atiky		Dilatace		Zateplená fasáda		Lodžie		Celkem	Hodnocení
		v	b		v	b	v	b	s	z				
4	9	5	4	–	0	3	0	0	10	4	0	1	40	11.
6	6	4	5	–	0	0	0	0	6	6	0	1	34	7.
5	6	6	7	–	3	0	0	0	6	6	10	1	50	14.
7	5	10	3	–	8	0	0	0	8	1	0	1	43	12.
9	2	3	1	–	3	0	0	0	1	3	10	1	33	6.
5	1	2	3	–	3	8	0	0	6	3	8	1	40	11.
2	6	3	3	–	0	0	0	0	1	1	0	1	17	1.
2	9	4	3	–	0	0	0	0	1	1	0	1	21	3.
2	6	3	6	–	10	0	0	0	1	9	0	1	38	10.
1	1	3	4	–	0	8	0	0	1	1	0	1	20	2.
8	5	3	3	–	8	0	0	0	1	8	0	1	37	9.
6	6	3	6	–	10	8	0	0	1	10	0	1	51	15.
1	1	3	7	–	0	10	0	0	1	1	0	1	25	4.
2	6	4	7	–	8	0	0	0	1	6	0	1	35	8.
1	1	3	3	–	3	3	0	0	1	1	0	1	17	1.
1	1	3	3	–	5	5	0	0	1	1	8	1	29	5.
1	1	6	6	–	8	8	0	0	6	6	0	1	43	12.
10	1	6	4	–	0	8	5	0	6	8	0	1	49	13.
73	73	74	78	–	69	61	5	0	59	76	36	18		
146		152		–	130		5		135		54			

plná fasáda. Atika je narušena pouze na čtyřech fasádách z jedenácti. Štíty jsou v dobrém stavu, ale ty porušené (5 z 22) mají značně oloupanou povrchovou vrstvu. Mezi střední poruchy patří trhliny na zateplené fasádě a na vstupu (i když některé fasády mají husté trhliny), trhliny v napojení vstupních částí k vlastní budově;

■ **v úseku B** jsou nejvíce porušeny spáry mezi panely svislými trhlínkami různé délky a tloušťky. Na zateplené fasádě a na štítech se vyskytují vodorovné a svislé trhliny v povrchové vrstvě nebo tato vrstva opadáva či je úplně opadaná. Stropy lodžii mají též obnaženou povrchovou vrstvu, ale není viditelná výztuž. Za zmínku stojí i porušení spoje mezi betonovým zábradlím lodžie a stěnou lodžie. Málo porušená je nezateplená fasáda (pouze mikrotrhliny) a dilatace. V celém úseku lze porušení atiky považovat za střední. Porušení atiky, které se projevuje opadáváním betonu na jejím povrchu (8 fasád ze 48), se vyskytuje v celé délce na málo místech;

■ **v úseku C** jsou spáry překryty povrchovou vrstvou, v níž se nacházejí trhliny různé tloušťky. Na zateplené fasádě a na štítech tato povrchová vrstva opadáva nebo je úplně opadaná. Stropy všech lodžii v úseku mají natolik narušenou krycí betonovou vrstvu, že je viditelná výztuž. Porušení spoje mezi betonovým zábradlím lodžie a stěnou lodžie není tak vážné jako porušení atiky;

■ **v úseku D** jsou spáry též překryty povrchovou vrstvou. Tato vrstva je porušena jak ve štítech, tak na zateplených i nezateplených fasádách. Jsou v ní přiznány spáry mezi panely trhlínami různé tloušťky, až dochází k opadávání povrchových vrstev fasády. V tomto úseku jsou značně porušeny atiky a stropy lodžii. Spoje mezi betonovým zábradlím lodžie a stěnou lodžie jsou porušeny velmi málo.

Hodnocení

Porovnáme-li jednotlivé úseky, zjistíme, že úsek B je porušen více než úsek A. Pro připomenutí mají tyto úseky fasády s přiznanými spárami na rozdíl od úseků C a D, u nichž jsou spáry překryty povrchovou vrstvou. Zde je více porušen úsek D než úsek C. U úseků A a B jsou nejvíce poškozeny spáry mezi panely a také stropy lodžii. U úseků C a D jsou nejvíce porušeny povrchové vrstvy obvodového pláště svislými či vodorovnými trhlínami, které kopírují spáry mezi panely. Tyto trhliny jsou důsledkem toho, že mají fasády oloupané povrchové vrstvy.

Nakonec bylo porovnáno porušení obvodových plášťů na sídlišti Petřiny se sídlištěm Červený vrch. Obě mají budovy postaveny ze stejné stavební soustavy G 57. Na Petřinách, kde se nacházejí stejné sedmipodlažní panelové domy s přiznanými spárami jako na celém sídlišti Červený vrch, byly nalezeny stejné druhy poruch. V úseku A zde bylo nalezeno více poruch než na Červeném vrchu, a nakonec zde ještě počet poruch vzrostl.

Možnosti odstranění závad

Při úpravách je nutné se zaměřit na vady a poruchy ohrožující stabilitu a bezpečnost objektu a jeho částí. Zejména se věnovat stykům, spojům dílců a citlivým konstrukcím vystaveným povětrnosti. Je nutné zajistit řádnou údržbu těch částí konstrukcí, které nebudou při regeneraci dotčeny nebo u nichž by odložení údržby výrazně poškodilo objekt nebo částí jeho konstrukcí. Je třeba odstranit i drobné strukturální

trhliny, které zmenšují efektivní pevnost betonu v tahu a cyklickým namáháním vnějších vlivů se postupně zvětšují. Jimi pak pronikají agresivní látky spolu s vlhkostí přímo do stěn objektu a přispívají ke korozi betonu i výztuže.

Vizuální průzkum potvrdil, že závažným zatěžovacím vlivem obvodových plášťů jsou teplotní objemové změny. V letním období se mění během dne povrchová teplota východní a západní fasády o několik desítek stupňů, a to během krátké doby. Poruchy na jižní či severní fasádě jsou kromě objemových změn v zimním období většinou ovlivněny i kvalitou zabudovaných panelů (nedostatečné krytí výztuže). Orientaci fasád je tedy nutné věnovat při návrhu zateplování velkou pozornost.

Významným poznatkem je, že krycí vrstvy zabudované výztuže obvodových dílců jsou nedostatečné a dochází k její korozi. Tento proces se bude vzhledem k postupující karbonizaci betonu dílců zrychlovat. Pokud mu nebude zabráněno, může být příčinou opadávání částí obvodových dílců a v extrémních případech i uvolnění celých dílců. Řešením je sanace poškozených míst a celoplošné zateplení obvodových plášťů, neboť se tím omezí působení nepříznivých vlivů na vnější plochu obvodových dílců. Podobným problémem jsou trhliny ve vnější ploše obvodových dílců. Důvodů, především nedostatků při výrobě dílců, může být několik. Ponechání neopravených trhlín vede k jejich postupnému rozšiřování a následné degradaci dílce. Zvláště nebezpečné jsou tyto poruchy u vrstvených obvodových plášťů, u nichž může dojít až k odpadnutí vnější vrstvy. Stejně jako u výše uvedených poruch, i zde je řešením celoplošné zateplení fasády.

Prohlídkou zateplených plášťů byl nalezen větší počet míst porušených mapami trhlínek orientovanými všemi směry. Jejich lokalizace do míst blízkých hlavní sídlištní komunikaci svědčí o významném podílu dopravy na namáhání povrchových vrstev zateplování plášťů. I k této skutečnosti je třeba přihlídnout při volbě zateplovacích systémů.

Dalším místem obvodových plášťů, které je třeba u dosud neopravených fasád průběžně sledovat, jsou lodžie. Výskyt trhlín naznačuje možnost jejich postupného zvětšování, a tím ohrožení stability betonového zábradlí i celé lodžie. Podobně je tomu i v místech napojení půdorysně menších částí objektu na těleso vlastní budovy. U vstupních částí byly zjištěny trhliny v místě napojení, které se obvykle zvětšují ve vyšších podlažích.

Nebezpečím, které by nemělo být přehlíženo, jsou trhliny v místech napojení atikových dílců na konstrukci nejvyššího podlaží. Dílce vystavené cyklicky se opakujícím zatížením teplotními objemovými změnami se vlivem narušení kotvení mohou uvolnit a hrozí jejich zřícení, zejména při soustavném působení dopravní mikroseismicity. Velmi důležité je prověřit konstrukční řešení atik a stav kotvení atikových dílců před zateplením obvodových plášťů. Zjištěné závady je bezpodmínečně nutné odstranit. Ponechání atiky s narušeným kotvením a překrytí trhlíny signalizující poruchy zateplovací úpravou může být v budoucnosti příčinou zřícení atikového dílce.

Poslední zjištěnou závadou jsou trhliny v přetmelených spárách mezi obvodovými prvky, které svědčí o dilatačních pohybech ve spárách mezi dílci vyvolanými objemovými změnami. Kvalita použitých tmelů, resp. jejich schopnost sledovat tyto dilatační pohyby, je zřejmě nedostatečná. Důvodem může být použití nevhodných tmelů nebo vyčerpání jejich životnosti. Delší životnosti tmelů odpovídá i vyšší cena, což někdy vede k neefektivním úsporám. Ponechání narušených výplní spár mezi dílci povede k zatékání

fasádou. I zde je efektivním řešením celoplošné zateplení. Kvalitní opravy výplně spár jsou značně nákladné a jejich životnost poměrně malá.

Závěr

Jak známo, povrch obvodových plášťů budov je vystaven během roku rozsáhlému spektru teplot (minimálně od $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $+60\text{ }^{\circ}\text{C}$), a hlavně jejím změnám, které se cyklicky opakují. Teplota vnitřního prostředí je poměrně stálá a mění se během používání objektu jen v úzkém rozmezí ($18\text{ až }24\text{ }^{\circ}\text{C}$). Samozřejmě nelze vyloučit vlivy vnitřního prostředí a provozu budov, zejména při zvýšené vlhkosti uvnitř konstrukcí a zvýšené kondenzaci.

Největší teplotní rozdíly vznikají na jižních fasádách, na nichž lze zaznamenat v ranních hodinách nízké teploty a v odpoledních hodinách při slunečním ozáření teploty několikrát větší. V povrchových vrstvách panelů potom vznikají napětí, která dosahují i pevnosti v tahu použitého materiálu, čímž dochází ke vzniku trhlin. Panel obvodového pláště je takto namáhán cyklicky během roku, trhlinky se zvětšují a za přispění dalších vlivů dochází k jeho degradaci.

Vlivem objemových změn plášťů a klimatických podmínek dochází k narušení obvodových plášťů panelových budov a zkracování jejich životnosti. Nejčastější závadou u objektů s priznanými spárami na sídlišti Petřiny bylo porušení spár mezi panely. U objektů s fasádou se spárami zakrytými povrchovou úpravou to bylo odlupování povrchových vrstev obvodových plášťů. Panelové domy mají porušené obvodové pláště v závislosti na orientaci ke světovým stranám. Fasády vystavené větším změnám teploty byly nejvíce porušeny. Již tato informace ukazuje, že životnost obvodových plášťů je ovlivněna změnami teploty. Samozřejmě to není jediný důvod, proč obvodové pláště ztrácejí životnost. Mezi další faktory porušení patří vlastnosti použitého materiálu, vliv znečištění prostředí, kvalita provedení jak samotných panelů, tak jejich povrchových vrstev. Na tomto sídlišti mají podíl na výskytu poruch obvodového pláště též otřesy od místní frekventované silnice.

Zateplením budov je možno předejít porušování obvodových plášťů panelových budov vlivem teplotních změn. Povrchová teplota obvodového panelu se tím sníží, rozdíl mezi vnějším a vnitřním povrchem se zmenší, a tím i napětí vznikající v panelech.

Při prohlídce objektů bylo zjištěno, že i zateplené a opravené fasády jsou narušeny trhlinkami, i když úpravy proběhly před třemi roky. Z toho lze soudit, že ne všechny dosud provedené úpravy obvodových konstrukcí mají dostatečně dlouhou životnost. To je velké varování. Oprava byla provedena nekvalitně nebo nekvalitními prostředky, popř. narušené části byly pouze překryty nebo přetřeny, a nehledala se příčina, proč k narušení obvodového pláště došlo. Z toho pak vyplývá, že peníze investované do opravy byly vlastně špatně investovány. Je zřejmé, že postupem času bude nutné opravit většinu obvodových plášťů, a proto je nutné se zaměřit na to, aby investice vložené do těchto oprav byly dobrou investicí a vynaložené náklady se časem vrátily.

Literatura

[1] Brabec, V. – Bursík, M.: Hodnocení stavu obvodových plášťů panelových domů. *Stavební obzor*, 10, 2001, č. 4, s. 101–104.

Bursík, M.: Assessment of the Condition of the Peripheral Sheathing of the First Generation of Prefab Buildings

This article shows the need of continuous monitoring of the state of peripheral sheathing of prefab buildings. The timely conduct of the necessary repairs improving functional qualities will extend the life span of the buildings and ensure a sufficient level of structural safety of elements of peripheral sheathing. Also, there is a possibility of taking advantage of experience in interventions performed to prefab buildings so far in order to limit the number of defects which could occur after adjustments. The article is based on examples of defects found by visual examination.

Bursík, M.: Bewertung des Zustands der Außenwände von Fassaden der ersten Generation von Plattenbauten

Der Artikel weist anhand von Beispielen von Bauschäden, die durch augenscheinliche Betrachtung festgestellt wurden, auf die Notwendigkeit einer ständigen Beobachtung des Zustands der Außenwände von Plattenbauten hin, was für die rechtzeitige Durchführung der notwendigen Maßnahmen zur Verbesserung der funktionellen Eigenschaften, zur Verlängerung der Lebensdauer und zur Gewährleistung des erforderlichen Maßes der statischen Sicherheit der Fassadenplatten notwendig ist. Gleichzeitig wird auf die Möglichkeit verwiesen, die Erfahrungen mit den bisher durchgeführten Eingriffen in die Plattengebäude zur Begrenzung von nach den Sanierungsmaßnahmen auftretenden Schäden zu nutzen.

PŘEDPLATNÉ

časopisu *Stavební obzor* na rok 2004

je možné objednat vyplněním
elektronického formuláře
na internetu na adrese

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

nebo zasláním písemné objednávky
na adresu distributora uvedenou
v tiráži časopisu na druhé straně
obálky.

Teplotně vlhkostní analýza stavební konstrukce v rámci semi-scale experimentu a počítačových simulací

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

V práci je popsána analýza teplotně vlhkostních poměrů v cihelné konstrukci opatřené vnitřním tepelně izolačním systémem na bázi hydrofilní minerální vlny vystavené působení diferenčního klimatu velmi blízkého skutečným podmínkám. Tepelně vlhkostní funkce konstrukce je ověřena nejprve semi-scale experimentem a následně počítačovou analýzou.

Úvod

Pro stanovení tepelně vlhkostní funkce stávajících či nově navrhovaných stavebních konstrukcí se využívají dva základní přístupy. První možností je měření na stavbě, které umožňuje nejen monitorovat teplotně vlhkostní chování jednotlivých konstrukcí, ověřovat efektivnost izolačních systémů ve skutečných klimatických podmínkách, ale i platnost a kalibraci matematických modelů řešících problematiku kombinovaného transportu tepla a vlhkosti v poréznych stavebních materiálech. Monitorování teplotních a vlhkostních polí přímo na konstrukci bude pravděpodobně vždy rozhodujícím krokem při ověřování funkčnosti stavebních konstrukcí z hlediska jejich tepelně vlhkostního chování. Tento způsob vyšetřování teplotních a vlhkostních poměrů by však měl být aplikován až po odstranění všech principiálních nedostatků nově navrhovaných konstrukcí, u nichž riziko selhání již realizované konstrukce je minimální.

Druhou možností, jak stanovit, popř. predikovat, tepelně vlhkostní funkci stavebních konstrukcí, je aplikace matematických modelů řešících kombinovaný transport tepla a vlhkosti. Chceme-li však tyto modely pro stanovení teplotně vlhkostních poměrů využít, je nezbytné si uvědomit, že možnost jejich uplatnění závisí na kvalitě vstupních dat. Tato data jsou tvořena souborem tepelných a vlhkostních materiálových parametrů, které by však měly být určeny nejen v konstantních laboratorních podmínkách, ale měly by také zahrnovat vliv teploty, obsahu vlhkosti a relativní vlhkosti na uvedené materiálové parametry. Komplexní určení vstupních materiálových parametrů je finančně a časově značně náročné, čímž je do jisté míry omezeno využití počítačové analýzy. Uvedené modely také využívají řadu parametrů, které není možné určit explicitně, např. vlhkostní a tepelný odpor na rozhraní jednotlivých vrstev vícevrstvých stavebních konstrukcí, popř. odpor povrchový, a často zjednodušují studovanou problematiku zanedbáním některých jevů (např. Soretova a Dufourova jevu), jež však mohou být za specifických podmínek významné. Chceme-li proto využít počítačovou analýzu pro stanovení životnosti stavebních konstrukcí založenou na dlouhodobém zjišťování tepelně vlhkostní funkce vyšetřované konstrukce, musíme

nejprve ověřit platnost používaného matematického modelu a model řádně kalibrovat.

Pro kalibraci matematických modelů kombinovaného transportu tepla a vlhkosti se v současnosti nejčastěji používají data získaná měřením na "testovacích" budovách. Tento způsob však nelze vždy aplikovat, zejména pokud se zabýváme řešením problémů, které dosud nebyly na testovacích domech pozorovány. Z tohoto hlediska je patrné, že využití flexibilních semi-scale systémů je vhodným řešením pro kalibraci a ověřování platnosti matematických modelů.

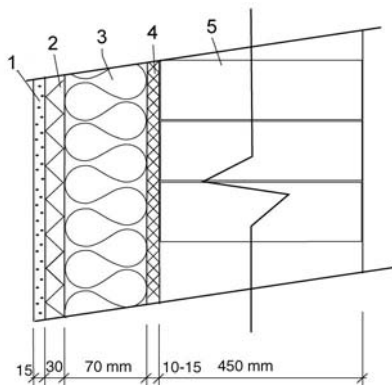
V tomto článku je prezentována část experimentů ověřujících funkčnost nově vyvinutého vnitřního tepelně izolačního systému na bázi hydrofilní minerální vlny provedená v podmínkách diferenčního klimatu velmi blízkého realitě s využitím měřicího systému NONSTAT [1]. Tyto experimenty navázaly na již provedená měření [2]. Na rozdíl od těchto měření, při nichž bylo cílem jen základní ověření systému, jsou experimenty popsány v tomto článku zaměřeny též na kalibraci a ověření matematického modelu J. Grunewalda, čemuž odpovídá i odlišná strategie rozmístění měřicích sond. Ověřovaná konstrukce je podobně jako v práci [2] ze strany exteriéru vystavena působení hodinových klimatických podmínek pro referenční rok pro Prahu, ze strany interiéru jsou simulovány konstantní klimatické podmínky (teplota, relativní vlhkost) typické pro obytné budovy. Zjištěné hodnoty jsou pak na rozdíl od [2] porovnány s daty získanými počítačovou analýzou experimentální situace provedenou programem Delphin 4.3 [3] s implementovaným Grunewaldovým modelem. Na základě pozorovaných diferencí mezi daty zjištěnými experimentálně a vypočítanými je provedeno inverzní modelování materiálových parametrů, jejichž znalost byla pro počítačovou analýzu nepostačující.

Měřicí a simulační systém NONSTAT

Semi-scale experiment pro testování tepelně vlhkostního chování stavebních konstrukcí představuje logický most mezi laboratorním měřením materiálových parametrů kombinovaným s počítačovou analýzou a měřením teplotních a vlhkostních polí na stavbě ve skutečném měřítku za obvyklých klimatických podmínek. Systém NONSTAT simuluje podobné klimatické podmínky, ale zároveň si ponechává laboratorní charakter, což podstatně snižuje náklady v porovnání s měřením in situ, popř. měřením na zkušebních budovách. Sestává ze systému dvou klimatických komor spojených tunelem o rozměru 0,72 x 0,72 x 0,60 m pro osazení konstrukce. V ověřované konstrukci jsou umístěny kombinované sondy firmy Ahlborn pro monitorování relativní vlhkosti a teploty a sondy firmy Easy Test pro monitorování obsahu vlhkosti pracující na principu TDR (Time Domain Reflectometry). Celý systém včetně zadávání hodinových dat do klimatických komor řídí počítač [1].

Popis experimentu

Základní idea navrženého vnitřního tepelně izolačního systému spočívá v nahrazení klasické skladby vnější obvodové konstrukce zateplené zevnitř ve směru od exteriéru k interiéru (ve skladbě nosná stavební konstrukce, tepelná izolace, parozábrana a vnitřní omítka) skladbou nosná konstrukce, retardér pro vodní páru na principu cementového tmelu, hydrofilní tepelná izolace na bázi minerální vlny a paropropustná omítka (obr. 1). Návrh a vývoj vnitřního te-



Obr. 1 Schéma analyzované konstrukce
1 – omítka FFP, 2 – DU, izolační vrstva, 3 – DU, mechanická vrstva, 4 – retardér KAM, 5 – nosná konstrukce

pelně izolačního systému probíhal ve dvou etapách. Nejprve bylo nutné vyvinout materiály, které by vyhovovaly požadavkům z hlediska tepelných a vlhkostních parametrů. Parametry jednotlivých materiálů aplikovaných v navrhovaném systému byly stanoveny počítačovou optimalizací. Materiály získané za spolupráce s výrobcí byly poté prověřovány v laboratoři. Na základě výsledků zkoušek byla vybrána hydrofilní minerální vlna DU firmy Rockwool, a. s., s duální objemovou hmotností, materiál na bázi cementu KAM firmy Sakret, s. r. o., jako retardér pro vodní páru, který zároveň bude plnit funkci mechanickou při kotvení tepelně izolačních desek, a materiál FFP téže firmy, také na bázi cementu jako vnitřní omítka. Navržený systém byl aplikován na cihelnou zeď tl. 450 mm. Tepelné a vlhkostní parametry materiálů aplikovaných v testované konstrukci jsou uvedeny v tab. 1, přičemž μ je faktor difúzního odporu, A absorpční koeficient pro vodu, κ vlhkostní vodivost, ρ objemová vlhkost, λ tepelná vodivost, c měrná tepelná kapacita. Hodnoty uvedených materiálových parametrů jsou převzaty z prací [4] a [5], v nichž je podrobně popsána i metodika jejich stanovení.

Tab. 1. Vlhkostní a materiálové parametry aplikovaných materiálů

Materiál	\tilde{n} [kg/m ³]	μ [-]	A [kg/m ² s ^{1/2}]	κ [m ² /s]	C [J/m ³ K] E+06	
DU	h	178	2,2	3,60E+00	1,51E-05	0,143
	s	96	2,2	1,33E+00	1,90E-06	0,097
FFP	1 580	6,1	1,94E-01	1,76E-07	1,439	
KAM	1 321	11,9	1,77E-02	1,43E-09	1,342	
cihla	1 776	8,1	1,24E-01	1,52E-07	1,185	

Postup měření

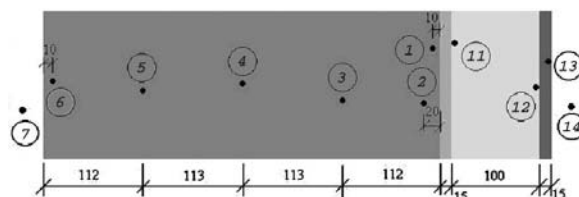
Sledování tepelných a vlhkostních změn v konstrukci předcházela kalibrace senzorů pro měření obsahu vlhkosti použitých materiálů [6]. Jejich funkčnost pro monitorování relativní vlhkosti byla ověřena měřením v exikátorech naplněných nasycenými roztoky solí s odpovídající speci-

fickou hodnotou relativní vlhkosti. Sensory byly umístěny do předem vyvrtaných otvorů konstrukce a na kontaktu s jejím povrchem utěsněny silikonovým tmelem. Otvory pro senzory TDR byly vyplněny prachem stejného materiálu, aby mezi sondou a materiálem nevznikla vzduchová vrstva. Pro dosažení jednorozměrného transportu tepla a vlhkosti v klimaticky zatěžované konstrukci byla konstrukce ve zkušebním tunelu tepelně a vlhkostně odizolována deskami extrudovaného polystyrénu v kombinaci s montážní polyuretanovou pěnou a vodonepropustným nátěrem.

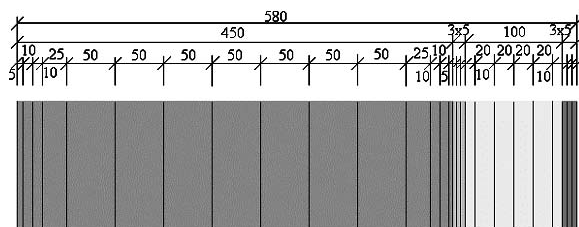
Po spojení celého systému klimatických komor byla konstrukce vystavena působení diferenčního klimatu velmi blízkého skutečnosti. Na straně interiéru byly simulovány konstantní klimatické podmínky odpovídající běžným hodnotám pro obytné budovy (relativní vlhkost 50 %, teplota 21 °C), na straně exteriéru hodinová klimatická data pro teplotu a relativní vlhkost odpovídající referenčnímu roku pro Prahu. Měření nejprve probíhalo na neizolované cihelné konstrukci po dobu deseti dní, přičemž na straně exteriéru byla aplikována reálná klimatická data od 1. října. Poté byl systém klimatických komor rozpojen a konstrukce zateplena výše uvedeným vnitřním tepelně izolačním systémem. Měření izolované konstrukce probíhalo po dobu 165 dní a bylo ukončeno klimatickými daty odpovídajícími 4. březnu. Působení diferenčního klimatu byla tedy konstrukce vystavena po celé zimní období, které je z hlediska tepelně vlhkostní funkce pro stavební konstrukci nejkritičtější.

Počítačová analýza

Počítačová analýza byla provedena programem Delphin 4.3 vyvinutým na Technické univerzitě v Drážďanech pro řešení problému kombinovaného transportu tepla, vzduchu, solí a vlhkosti v porézních stavebních materiálech [3]. Při aplikaci tohoto programu bylo nejprve nutné generovat síť, která zohledňuje nejen jednotlivé vrstvy materiálů aplikovaných v analyzované konstrukci, ale i umístění senzorů pro monitorování teploty, relativní vlhkosti a obsahu vlhkosti (obr. 2, obr. 3). Klimatické zatížení konstrukce během počítačové analýzy bylo stejné jako při semi-scale experimentu.



Obr. 2. Schéma umístění senzorů v analyzované konstrukci



Obr. 3. Diskretizace studované konstrukce pro počítačovou analýzu

Nebyla však použita data zadávaná do řídicího procesoru klimatických komor, ale skutečná data pro teplotu a relativní vlhkost naměřená během experimentu v jednotlivých klimatických komorách, což umožnilo vyloučit vliv nepřesností jejich nastavení na kvalitu vstupních dat. Jako nezbytné základní tepelné a vlhkostní materiálové parametry (tab. 1)

byly použity hodnoty naměřené v první etapě vývoje vnitřního tepelně izolačního systému [4], [5]. Jako počáteční podmínky testované konstrukce pro počítačovou analýzu byly zadány hodnoty relativní vlhkosti, teploty a obsahu vlhkosti naměřené při experimentu v čase $t = 0$.

Výsledky a diskuze

Typické výsledky měření jsou uvedeny na obr. 4 až obr. 6, přičemž obr. 5 a obr. 6 ukazují výskyt nadměrné hygroskopické vlhkosti v cihelné konstrukci, která se zde udržovala po celou dobu experimentu. Je však nutné si uvědomit, že simulované klimatické podmínky byly mnohem nepříznivější než skutečné. Nadměrná vlhkost byla pravděpodobně způsobena aplikací nepříznivých klimatických podmínek na čerstvě vyzděnou konstrukci, která obsahovala velké množství vody. Uplatnění podmínek typických pro začátek října (vlivem rychlého poklesu teploty) vedla v části cihelné stěny ke kondenzaci vodní páry v ní obsažené. Kondenzovaná voda nemohla být z konstrukce během zimního období vlivem omezené možnosti transportu směrem k exteriéru a z důvodu kontinuálního transportu vodní páry z interiéru do nosné konstrukce odvedena.

Tepelná izolace z hydrofilní minerální vlny však díky vhodné volbě transportních parametrů zůstala suchá po celou dobu experimentu včetně kritického zimního období. Vezmeme-li proto v úvahu všechny negativní a pozitivní faktory ovlivňující tepelně vlhkostní funkci analyzované konstrukce, můžeme tepelně vlhkostní chování navržené konstrukce považovat za relativně dobré.

Počítačová simulace, provedená se vstupními materiálovými parametry z tab. 1, ukázala na počátku nepříliš dobrou shodu s experimentálními daty. Pro dosažení lepší shody mezi daty vypočítanými a experimentálními bylo proto provedeno inverzní modelování parametrů materiálů aplikovaných v konstrukci. Největší rozdíly mezi naměřenými a vypočítanými daty byly pozorovány u profilů relativní vlhkosti a obsahu vlhkosti. Proto byla navržena modifikace vlhkostních parametrů, zejména součinitele vlhkostní vodivosti κ , faktoru difúzního odporu μ u retardéru pro vodní páru a součinitele vlhkostní vodivosti κ pro cihlu. Celkem bylo provedeno deset počítačových simulací s různou kombinací materiálových parametrů. Nejlepších výsledků bylo dosaženo s daty uvedenými v tab. 2.

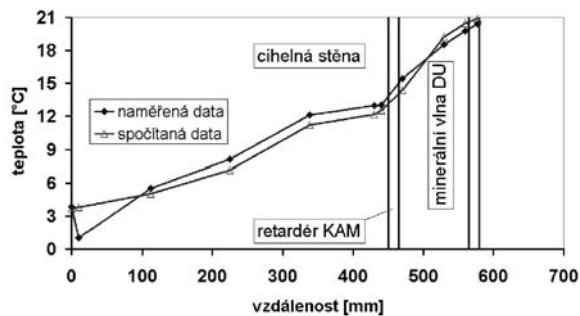
Tab. 2. Modifikované vlhkostní parametry aplikovaných materiálů

Materiál	Parametr	Data	
		původní	modifikovaná
Sakret KAM	μ [-]	11,9	20
Sakret KAM	κ [$\text{m}^2 \text{s}^{-1}$]	1,43E-09	1,43E-11
cihla		1,52E-07	2,00E-10

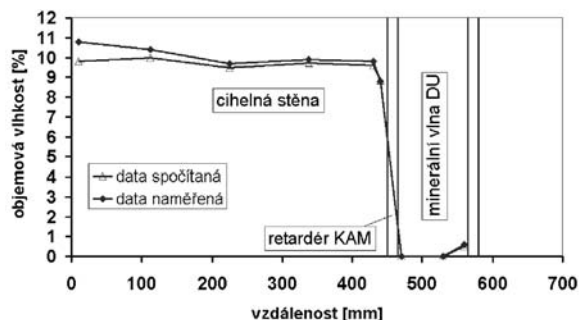
Porovnání experimentálních a vypočítaných dat odpovídajících klimatickým datům pro 1. únor, kde pro počítačovou analýzu byla použita vstupní data z tab. 2, je uvedeno na obr. 4 až obr. 6. Diference v profilech relativní vlhkosti a objemové vlhkosti jsou relativně malé a pohybují se mezi 0 až 5 %, na rozdíl od profilů teploty, u kterých se rozdíl mezi daty experimentálními a spočítanými pohybuje v rozmezí 1 až 1,5 °C. Lze tedy říci, že shoda dat experimentálních a naměřených je vcelku přijatelná, pro její zlepšení by bylo nutné hledat další vhodné kombinace materiálových parametrů.

Bude však jistě užitečné pokusit se o vysvětlení relativně velkých rozdílů mezi originálními a modifikovanými vstup-

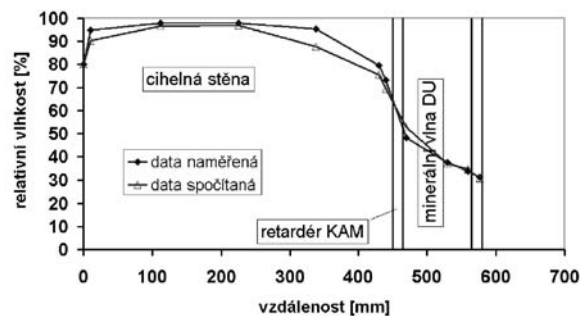
ními daty vlhkostních parametrů, které vedly k lepší shodě mezi experimentem a počítačovou analýzou. Lepší shody s experimentálními daty bylo dosaženo s hodnotou faktoru difúzního odporu μ retardéru pro vodní páru dvakrát vyšší, než byla původní hodnota zjištěná v laboratoři. Tento fakt však není překvapující, neboť při počítačové analýze nebyl v modelu uvažován přechodový odpor pro vodní páru na rozhraní jednotlivých materiálů. Nalezená hodnota faktoru difúzního odporu tedy zahrnuje nejen faktor difúzního odporu retardéru vodní páry, ale i oba přechodové odpory na rozhraní s okolními materiály.



Obr. 4. Průběh teploty v zateplené cihelné stěně (1. únor)



Obr. 5. Obsah vlhkosti v zateplené cihelné stěně (1. únor)



Obr. 6. Průběh relativní vlhkosti v zateplené cihelné stěně (1. únor)

Podstatně nižší hodnoty součinitele vlhkostní vodivosti κ pro retardér a cihlu, získané při inverzním modelování, jsou pravděpodobně způsobeny aplikací konstantní hodnoty součinitele vlhkostní vodivosti v použitém modelu. Závislost vlhkostní vodivosti na obsahu vlhkosti se většinou určuje inverzní analýzou naměřených vlhkostních profilů, součinitel vlhkostní vodivosti κ se poté v závislosti na vlhkosti mění obvykle dost výrazně, často i řádově. Ve výpočtech byla použita konstantní hodnota součinitele vlhkostní vodivosti, která byla experimentálně stanovena při klasickém sorpčním experimentu [6], z důvodu obtížného stanovení vlhkostních profilů v hydrofilní minerální vlně ve směru toku vlhkosti, tedy napříč deskou. Z porovnání dat naměřených a vypočítaných je však zřejmé, že chceme-li dosáhnout při počítačové analýze přesnějších výsledků, bude nezbytné při dalších výpočtech použít závislost κ na obsahu vlhkosti i

přes složitě určené vlhkostních profilů v aplikovaných materiálech.

Závěr

Ověřování tepelně vlhkostní funkce cihelné stěny s vnitřním tepelně izolačním systémem na bázi hydrofilní minerální vlny provedené semi-scale experimentem prokázalo dobrou funkci zateplené obvodové konstrukce, zejména vezmeme-li v úvahu počáteční podmínky, které byly v porovnání se skutečností výrazně nepříznivější.

Porovnání dat získaných během semi-scale experimentu s daty získanými programem Delphin 4.3 prokázalo nezbytnost kompletního stanovení tepelných a vlhkostních materiálových parametrů, které slouží jako vstupní data v použitém počítačovém modelu. Zvláště je nezbytné stanovit všechny materiálové parametry v závislosti na teplotě a obsahu vlhkosti v celém studovaném rozsahu. Nedostatečné určení některých materiálových parametrů prezentovaných v této práci výrazně znesnadnilo inverzní modelování, neboť bylo nezbytné měnit několik materiálových parametrů, což vedlo k řadě jejich kombinací.

V další práci bude nutné se nejprve vrátit k laboratornímu určení tepelných a vlhkostních materiálových parametrů a stanovit je jako funkce teploty a obsahu vlhkosti. Tyto experimenty budou časově značně náročné, např. měření sorpčních izoterem probíhá několik měsíců a pro měření některých parametrů, jako vlhkostní vodivosti deskových izolačních materiálů v závislosti na vlhkosti, bude nutné modifikovat způsob měření, popř. vytvořit novou metodu. Po kompletním stanovení materiálových parametrů bude provedeno nové inverzní modelování konstrukce, při němž se již bude možné zaměřit na stanovení obtížně měřitelných parametrů, jako jsou přechodové odpory pro transport tepla a vlhkosti na rozhraní jednotlivých vrstev studované konstrukce.

Článek vznikl na základě podpory výzkumného záměru MŠMT MSM: 210000003.

Literatura

- [1] Pavlík, Z. – Pavlík, J. – Černý, R.: Měřicí systém NONSTAT. Stavební obzor, **10**, 2001, č. 7, s. 220–222.
- [2] Pavlík, Z. – Jiříčková, M. – Černý, R.: Ověření funkčnosti vnitřního tepelně izolačního systému na bázi kapilárně aktivní minerální vlny. Stavební obzor, **12**, 2003, č. 1, s. 6–9.
- [3] Grunewald, J.: DELPHIN 4 – Documentation, Theoretical Fundamentals. TU Dresden, 2000.
- [4] Jiříčková, M. – Černý, R.: Hygrothermal Properties of Various Types of Mineral Wool Based Thermal Insulation Materials. CTU Reports Vol. 5, No. 2–3, Contributions to Experimental Investigation of Engineering Materials and Structures, ČVUT Praha, 2001, pp. 1–11.
- [5] Jiříčková, M. – Černý, R.: Thermal and Hygric Properties of Mortars and Water Vapor Retarders for Interior Thermal Insulation Systems. Proceedings of 11th Symposium for Building Physics 2002/1, TU Dresden, pp. 319–328.
- [6] Jiříčková, M.: Application of TDR Microprobes, Miniteniometry and Minihygrometry to the Determination of Moisture Transport and Moisture Storage Parameters of Building Materials. [Dizertace PhD.], ČVUT Praha, 2003.

Pavlík, Z. – Maděra, J. – Černý, R.: Hygrothermal Analysis of a Multi-Layered Building Envelope Using a Semi-Scale Experiment and Computer Simulations

This paper presents analysis of the hygrothermal performance of a building envelope with the interior thermal insulation system on the basis of hydrophilic mineral wool in the conditions of difference climate very close to reality. The hygrothermal functionality of the designed envelope is tested at first using a semi-scale device, and subsequently by computer simulations.

Pavlík, Z. – Maděra, J. – Černý, R.: Wärme-Feuchtigkeits-Analyse einer Baukonstruktion mit Hilfe eines „Semi-scale“-Experiments und von Computersimulationen

In der Arbeit wird eine Analyse der Wärme-Feuchtigkeits-Beziehungen in einem mit einem inneren Wärmedämmsystem auf Basis von hydrophiler Mineralwolle gedämmten Ziegelbauteil beschrieben, das der Einwirkung eines den realen Klimabedingungen sehr nahe kommenden Differenzklimas ausgesetzt ist. Die Wärme-Feuchtigkeits-Funktion der entworfenen Konstruktion wird zuerst mit Hilfe eines Semi-scale-Experiments und nachfolgend mit Hilfe einer Computeranalyse getestet.

Nový pavilon na brněnském výstavišti

Zahájení letošního 45. ročníku Mezinárodního strojírenského veletrhu bylo spojeno s otevřením nového pavilonu. Pavilon F s nejmodernější infrastrukturou více než nahradí původní objekt, který ještě v první polovině loňského roku hostil expozice vystavovatelů. V předcházejících ročnících tohoto veletrhu zde vystavovaly své výrobky firmy z oborů energetika, plasty, chemie a materiály a komponenty pro strojírenství.

Výstava moderní haly byla zahájena v polovině února letošního roku. Během šesti měsíců na místě stejnojmenného pavilonu a přilehlých volných plochách vyrostl objekt se zastavěnou plochou 8 404 m² a celkem 122 535 m³ obestavěného prostoru, poskytující nejen 5 107 m² výstavní plochy, ale také místo pro kanceláře ve dvou nadzemních podlažích a technické zázemí v suterénu. Zdejší plocha bude vybavena průběžnými kanálky s možností připojení vody, stlačeného vzduchu, kanalizace, silnoproudu a slaboproudu včetně zajištění přenosu dat. V projektu je pamatováno i na aktivní protipožární ochranu a bezpečnostní systém bránící nežádoucímu vstupu. Únosnost podlahy je 5 t/m² a světlá výška 11 m bude vyhovovat i těžkým a prostorově velmi náročným exponátům.



Rekonstrukce panoramatického kina ve Varnsdorfu

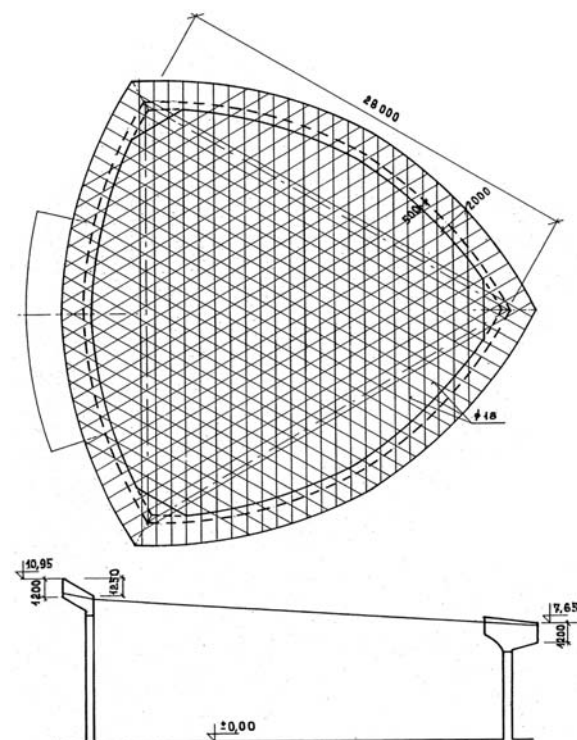
Ing. František STEJSKAL
STÚ-K, a. s.
Praha

Autor se v článku zabývá rekonstrukcí třicet let starého zastřešení kina provedeného lanovou konstrukcí. V důsledku nevhodného návrhu nosné konstrukce a vlivem náročných klimatických poměrů byla nosnost konstrukce snížena natolik, že bylo nutné provést rekonstrukci.

Panoramatické kino ve Varnsdorfu bylo postaveno v sedmdesátých letech minulého století podle projektu KPU Bratislava. Jako nosný systém byla navržena lanová střecha, jejímž odpovědným projektantem byl Ing. Jozef Poštulka. Většina ocelářů, projektantů i výrobců dobře zná jeho dvě zdařilé lanové střechy nad sportovními halami v Bratislavě. Jedna větší hala je půdorysně kruhového tvaru a druhá, nad tělocvičnou, je obdélníková.

Ve Varnsdorfu je zastřešen půdorysný tvar rovnostranného trojúhelníka o délce strany 28 m, kde ke každé straně půdorysně přiléhá kruhová úseč se vzepětím 5,75 m. Nad takto vzniklým sférickým trojúhelníkem byl realizován tlačný kotevní věnec pro ukotvení lan. Věnec má šířku 2,0 m, výšku 1,2 m a je vzhledem k vodorovné umístění v nakloněné poloze. Z příčného řezu (obr. 1) je zřejmé, že výškově měl věnec tři vrcholy 2,95 m výše než místa ve špičkách sférického trojúhelníku, kde se předpokládá odtok vody.

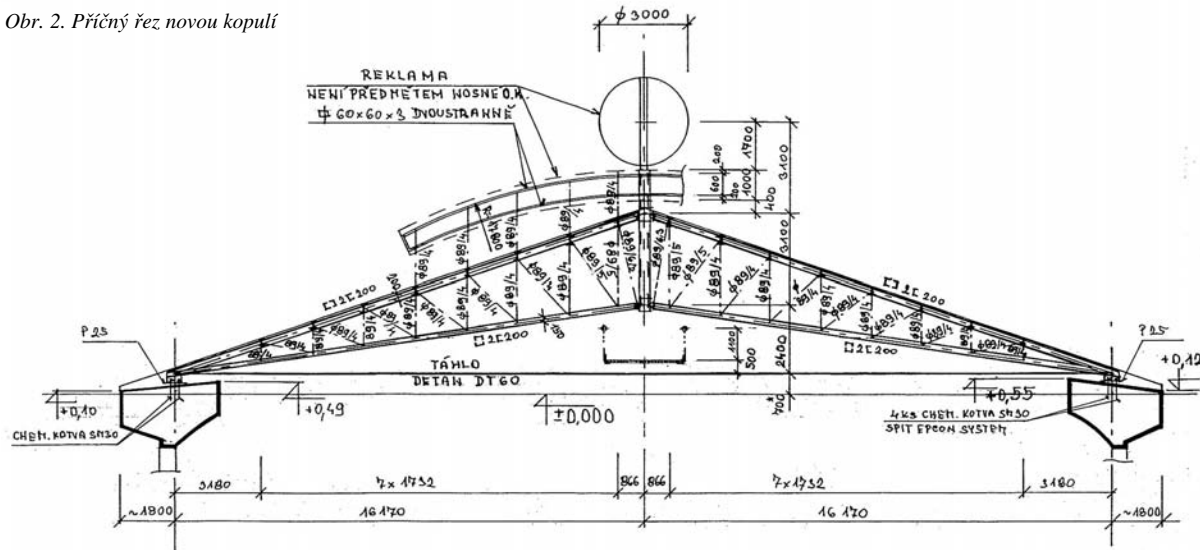
Jak je zřejmé z půdorysu, systém používá nosná lana profilu 18 mm, vzájemně vzdálená 1,0 m. Neuvažujeme-li průhyb, jsou vedena vodorovně. Dnes se ukazuje, že takto zvolený systém nosných lan nebyl vhodný. Dlouhá lana se prohýbala pod tíhou krytiny, izolace a podhledu a střecha od samého začátku neplnila funkci, jak se předpokládalo. Mluví se samozřejmě o odvodnění. Situaci ještě zhoršovala lokalita stavby, která předpokládá normové zatížení sněhem 150 kg/m^2 .



Obr. 1. Půdorys a řez lanového řešení kina

dardními asfaltovými pásy. Ovšem sněhové výkyvy v zimním období, v této oblasti velmi časté, střechou výškově pohybovaly tak značně, že přes všechny udržovací práce stále protékala. Tento stav trval od začátku existence stavby

Obr. 2. Příčný řez novou kopulí



až do devadesátých let minulého století, kino však bylo stále v provozu. Se změnou politického systému přestal být o jeho provozování zájem, a proto bylo uzavřeno včetně hotelu, který s kinem sousedí. Nastalo období hledání nového majitele. Ten se našel v době zcela nedávné, tedy asi po deseti letech nepoužívání stavby, a postaral se o rekonstrukci střechy.

Podle názoru autora článku byla zásadní chyba původního projektu ve špatné volbě směru vedení nosných lan. Určitě vhodnější by bylo vedení lan ve směru spádových přímků střechy, a nikoli ve směru přímků hlavních. Jak je zřejmé z příčného řezu, spád střechy by byl cca 1 : 10, což by umožnilo odtok vody i při průhybu lan od měničích se zatížením sněhem v zimním období. V současné době je lanový systém silně zkorodovaný, ale po průzkumu lze počítat s tím, že lana stále ještě vynesou vrstvy tepelné izolace a vlastní podhled z plastových desek, který zůstal přes dlouhodobé protékání vody neporušen.

Pro přenos zatížení sněhem bylo při rekonstrukci rozhodnuto postavit nad půdorysem novou střechu ve tvaru trojboké pyramidy (obr. 2), kde tři hlavní příhradové nosníky budou nad středem čepově spojeny pomocí duté trubky, a to při horním i dolním pásu. Dutá trubka je použita proto, že nad kopulí bude upevněna otáčející se koule průměru 3,0 m, která ponese reklamu majitele kina. Trubka má vnější profil 194 mm a jejím vnitřkem povedou pohonné osy pro pohyb dvou polokoulí a veškerá elektroinstalace. Tloušťka stěny trubky v oblasti proti sobě působících tlaků horních i dolních pásů je 32 mm, v ostatních partiích 10 mm.

Pod spojovací trubkou bude obslužná plošina pro hnací motory a pro rozvodnou desku elektroinstalace. Na horní pásy hlavních příhradových nosníků jsou čepově ukotveny ocelové krokve různých délek (a tedy i dimenzí), které jsou vzájemně mimoběžné, a vytvářejí tak zborcenou plochu pro budoucí dřevěné pobití a oplechování. Oplechování bude

podle finanční náročnosti z mědi nebo v titaninku. Druhé konce krokví jsou uloženy na původní železobetonový věnec. Všechna uložení mají plech v šikmé poloze, a proto se realizátor konstrukce rozhodl patní plechy montovat bez předchozí dílenské přípravy. Nová ocelová střecha v místech uložení na betonový věnec vyvozuje relativně velké vodorovné síly, na které původní betonový věnec nebyl dimenzován. Pro jejich zachycení byla z oceli S355 navržena táhla Detan (firma Deha), jejichž únosnost je značná. V našem případě ovšem byla nutná táhla největšího tabulkového profilu 60 mm. Pro jejich čepové připojení je proveden detail zaobleného trojúhelníkového plechu, v místě ok tloušťky 55 mm (obr. 3).



Obr. 3. Detail čepového spojení

Dvojitřizný čep z oceli stejné kvality má průměr 60 mm. Celková hmotnost nové nosné konstrukce nad kinem činí 24,9 t, přičemž střední trubkový díl váží 500 kg a tři hlavní příhradové nosníky dohromady 8 830 kg (obr. 4).

Obr. 4. Konstrukce střechy



Stejskal, F.: Reconstruction of the Cinerama in Varnsdorf

This paper reflects on the reconstruction of a 30-year old roofing of a cinema built with a cable structure. As a result of the unsuitable design of the load-bearing structure and due to the severe climatic conditions, the carrying capacity of the structure was reduced substantially. The carrying capacity reduction brought about the necessity to conduct the reconstruction described in this article.

Stejskal, F.: Rekonstruktion eines Panoramakinos in Varnsdorf

Der Autor behandelt im Artikel die Rekonstruktion der dreißig Jahre alten in Seilkonstruktion ausgeführten Überdachung eines Kinos. In Folge eines ungeeigneten Entwurfs der Tragkonstruktion und unter dem Einfluss besonderer klimatischer Verhältnisse hatte sich die Tragfähigkeit der Konstruktion so verringert, dass es notwendig wurde, eine Rekonstruktion durchzuführen, die im Artikel beschrieben wird.

• dizertace



Optimalizace aktivační ČOV z hlediska nitrifikace a denitrifikace s praktickou aplikací na ČOV Hlinsko

Ing. Martin Soudek

Dizertace je věnována analýze dlouhodobé funkce čistírny odpadních vod založené na měření a pozorování v terénu, poloprovozních pokusech a modelování vybraných technologických procesů ovlivňujících úspěšný provoz. Je učiněn pokus o optimalizaci provozu. Práce je aplikována na čistírnu v Hlinsku.

Hospodaření s vodou v nádrži a jeho vliv na rybí habitat v toku pod ní


Ing. Petra Chvojková

Mezioborová práce se zabývá hospodařením s vodou v nádrži a vlivem tohoto hospodaření na život ryb pod ní. Vychází se z reálných podmínek nádrže Římov na Malši. Práce pojednává o interakci mezi vodním dílem a přírodou. Využívají se metody IFIM a PHABSIM a demonstrují se značné znalosti i z oboru ichtyologie.

Výzkum přesnosti kalibrace při laserové interferometrii v návaznosti na normy ISO

Ing. Lenka Línková

V dizertaci se kalibruje invarová nivelační lať podle ČSN ISO 5725. Byl proveden teoretický rozbor vlivu atmosféry na laserový paprsek interferometru, navržen pracovní postup kalibrací a stanoveny nejistoty měření. Statisticky byly zpracovány výsledky několika vnitrolaboratorních a mezilaboratorních experimentů. Vypočtené odhady prokázaly vhodnost navrženého postupu.



MESSE MÜNCHEN
INTERNATIONAL



**bauma
2004**

29.3. – 4.4., MNICHOV

27. MEZINÁRODNÍ
ODBOBNÝ VELETRH
STAVEBNÍCH STROJŮ,
STROJŮ NA VÝROBU
STAVEBNÍCH HMOT,
STAVEBNÍCH VOZIDEL
A NÁŘADÍ



NEW!

INCLUDING
BAUMA
MINING

SVĚTOVÝ VELETRH Č. 1

Rekordní ročník 2004 v číslech:

- 2.500 vystavovatelů
- 50% vystavovatelů ze zahraničí
- 500.000m² pronajaté výstavní plochy
- Očekává se více než 400.000 odborných návštěvníků

**Bližší informace,
zlevněné vstupenky
a katalogy, zájezdy
a individuální ubytování:
Oficiální zastoupení
Messe München GmbH
pro Českou republiku:**

EXPO-Consult+Service
spol. s r.o.
Příkop 4, 604 45 Brno
Tel.: 545 176 158 - 60
Fax: 545 176 159
www.expocs.cz,
info@expocs.cz

Kancelář v Praze:
C-B-T Travel agency
spol. s r.o.
Staroměstské nám. 17
110 00 Praha 1
Tel.: 224 224 710
Fax: 224 224 724
svehlova@cbttravel.cz

Pořadatel:
Messe München GmbH
Messegelände
81823 München
Deutschland
www.bauma.de

Public Private Partnership – možnosti jeho aplikace

Ing. Jan BUKOVSKÝ
 ČVUT – Fakulta stavební
 Praha

Princip Public Private Partnership představuje zvláštní model investování do projektů veřejného sektoru, kdy se na celé investici podílí nejen stát, obce či regiony, ale také soukromý sektor. Článek se zabývá základní charakteristikou principu PPP a jeho aplikací v praxi, pojmenovává přednosti a nevýhody a zdůrazňuje některé kritické faktory, které kontrakty tohoto typu provázejí.

Princip partnerství veřejného a soukromého sektoru (Public Private Partnership – PPP) představuje zvláštní model investování do projektů veřejného sektoru, kdy se na celé investici podílí nejen stát, obce či regiony, ale také soukromý sektor. Jde přitom o vzájemné partnerství, ve kterém obě strany sdílejí jak výnosy, tak náklady a rizika. Základní podmínkou je plná průhlednost a vzájemná důvěra.

Veřejné potřeby, jako jsou doprava, odpadové hospodářství, zdravotnictví a mnoho dalších, kladou vysoké nároky na finanční prostředky z veřejných rozpočtů. Klasické modely, ve kterých jsou takové investice plně hrazeny z veřejných rozpočtů, postupně v celé Evropě selhávají, neboť objem disponibilních prostředků stagnuje a potřeby společnosti přitom nadále rostou. Soustředění většího objemu prostředků do krátkého okamžiku je obtížné a řešení pomocí úvěrů naráží na požadavky fiskální stability veřejných rozpočtů. Deficit větší než 3 % hrubého domácího produktu je považován za kritický a ekonomicky škodlivý [1], [2], přičemž většina států se kolem této hranice pohybuje a některé ji již překročily.

Veřejný sektor přitom poskytuje výhody stabilního rozsáhlého trhu, atraktivního umístění investic a celkově poměrně nízkého rizika. Soukromý sektor naproti tomu nabízí vyšší efektivnost, kreativnější práci, sdílení rizik a přístup ke vnějším finančním zdrojům. Cílem je zrychlení rozvojových programů, výstavby, redukce celoživotních nákladů a zvýšení kvality veřejných služeb.

Nezbytnou podmínkou pro soukromé financování projektů je existence projektových výnosů, a to formou přímých poplatků od uživatelů nebo prostřednictvím „šedého mýtného“, které hradí stát. Významným přínosem úspěšného projektu je dále možnost doplňkového financování z přidávaných služeb, které nejsou přímým výstupem projektu (např. nadstandardní služby, pronájem obchodních ploch).

Partnerství veřejného a soukromého sektoru se pohybuje mezi dvěma extrémními případy – prvním je outsourcing a druhým privatizace. V prvním případě si stát objednáva pouze služby u soukromého subjektu hospodařícího na veřejném zařízení, přičemž do jeho vlastní činnosti nezasahuje, ve druhém se stát dokonce vzdává veškerých svých práv k soukromému subjektu. U PPP veřejný sektor nadále na projektu aktivně spolupracuje a v závěru smluvního období projekt kompletně přechází v jeho vlastnictví [3].

Základní principy:

- hodnota za peníze (value for money) – hlavním cílem projektu je maximalizace celkové výsledné hodnoty;
- přenesení rizik (risk transfer) – riziko má nést ta strana, která je schopna ho nejlépe řídit;
- specifikace standardů veřejné služby – veřejný sektor jednoznačně definuje službu;
- údržba hodnoty veřejných aktiv – jasně se definují pravidla údržby veřejných aktiv;
- zajištění inovace a konkurence – neomezit tržní prostředí, ale řídit konkurenci tak, aby vedla k maximálním inovacím.

Realizace v Evropě

Princip vznikl začátkem devadesátých let ve Velké Británii, kdy nastal velký tlak na zeštíhlení veřejných rozpočtů. Lze říci, že se v praxi osvědčil a bylo tímto způsobem úspěšně realizováno mnoho projektů. Obchodní rada Britského velvyslanectví p. Martin Day uvádí, že ve Velké Británii byly realizovány projekty za celkem 14 mld. £. Je pravda, že některé projekty skončily nezdarem, ale naproti tomu nezanedbatelný počet projektů byl realizován prokazatelně efektivněji než při čistě veřejné investici. Kromě Velké Británie je tento princip úspěšně aplikován také v Irsku, Nizozemí a v Itálii, kde byly na vládní úrovni vytvořeny zvláštní podpůrné organizace. Ve Francii, Španělsku a Portugalsku mají rovněž velké zkušenosti s PPP, i když žádný specializovaný centrální útvar vytvořen nebyl [4]. Na druhou stranu v Německu a Rakousku je stále k PPP poměrně velká nedůvěra, přestože zde bylo již několik projektů úspěšně realizováno. Obecně v celé Evropě je těmto typům projektů přikládána velká důležitost a podpora ze strany státu.

Jako vhodný prostor pro aplikaci tohoto modelu je uváděna zejména infrastruktura, jako jsou silnice, vysokorychlostní železnice, tramvaje, přístavy, letiště, čistírny odpadních vod, energetika apod. Kromě toho je vyzkoušena aplikace ve zdravotnictví, a dokonce i ve výstavbě britských věznic¹⁾. Zahraničních zkušeností je v tomto směru poměrně mnoho. Jako příklad lze uvést projekty dálnic v Irsku, dálnic a nemocnic ve Velké Británii, vysokorychlostní trať v Nizozemí mezi Amsterdamem a belgickou hranicí, letišť v Athénách, Hamburku a Düsseldorfu a center dopravních služeb v Grazu a Werndorfu v Rakousku. Největší projekty dopravní infrastruktury v Evropě jsou realizovány převážně pomocí PPP. Jde zejména o vysokorychlostní železniční spojení mezi Mnichovem a Veronou přes Brennerský průsmyk (projektové náklady ve výši 22 mld. EUR) a vysokorychlostní trať mezi Londýnem a tunelem pod kanálem La Manche.²⁾

Aplikace modelu v praxi

Lze konstatovat, že u každého projektu je model šitý přímo na míru. Obecně existuje několik základních forem PPP v závislosti na vztahu s veřejným sektorem [3], [4]:

– koncese a licence, outsourcing – soukromý sektor má koncesi k provozování služeb;

¹⁾ Informace Velvyslanectví Velké Británie.

²⁾ Informace Generálního ředitelství pro dopravu a energetiku Evropské komise.

– smlouvy BOOT (build, own, operate, transfer), tj. soukromý sektor je odpovědný za realizaci investice a po určitou dobu i za její provoz, než dojde k jejímu plnému splacení včetně přiměřeného zisku. Poté tato stavba přechází ve vlastnictví veřejného sektoru. Smlouvy jsou uzavírány převážně na dobu 15 až 30 let. Existují ještě další modifikace, např. DBFO (design, build, finance, operate), DCMF (design, construct, manage, finance), BLT (build, lease, transfer), BTO (build transfer operate);

– smlouvy BOO (build, own, operate), tj. soukromý sektor si vlastnictví stavby ponechává. Zvláštní modifikace jsou BBO (buy build operate), LDO (lease develop operate) a další.

Specifickou formou PPP jsou podniky joint-ventures, kde má stát hlavní nebo převážný vlastnický podíl.

Většina projektů aplikuje princip, kdy je uzavřena koncesní smlouva mezi veřejným subjektem (státem, obcí) a účelovou firmou vytvořenou výhradně pro realizaci tohoto projektu. Smlouva definuje výstupy, které bude koncesionář plnit, příslušné podmínky pro jejich plnění včetně financování a rozdělení rizik. Problematice koncesí na velké projekty se rovněž věnuje právo EU [5].

V podstatě každý veřejně prospěšný projekt je založen na skutečnosti, že pozemky jsou ve veřejném vlastnictví [3]. Soukromý kapitál účelových firem je tvořen ve většině případů konsorciemi bank a soukromých firem. Zde je největší rozdíl proti tradiční realizaci zakázek, neboť veřejný sektor neurčuje technologii, jak bude daná služba plněna, ale jaké budou výsledné produkty. Zároveň si samozřejmě stanovuje kvalitativní požadavky na službu a ve většině případů má rovněž právo rozhodovat o přiměřenosti poplatku, který si daná firma za klíčové služby účtuje. Rozhodování o cenách za nadstandardní služby zůstává plně v pravomoci soukromé firmy.

Hlavním předpokladem úspěšnosti projektu je jeho průhlednost a důvěryhodnost. Výběr partnera musí proběhnout v rámci veřejné obchodní soutěže, přičemž nabídky zvoleného kontraktu jsou veřejné. Velice podrobně jsou přitom hodnoceny veškeré varianty kontraktu, aby byla za dané prostředky získána maximální hodnota. Většina účelových firem je dále organizována tak, že veškeré podpůrné činnosti, jako je stavba, údržba, pomocné služby apod., provádějí samostatné firmy, které byly vybrány rovněž veřejnou obchodní soutěží a jež poskytují jasně definované služby za zřejmých finančních podmínek. V tomto případě je financování projektu pro stát zcela průhledné. Konstrukce sazeb za hlavní služby je přehledná a stát může ovlivňovat jejich přiměřenost včetně odpovídajícího zisku.

Problematika sdílení rizika je velmi složitá, neboť každá ze smluvních stran má zájem nést pouze minimální riziko. Přesné rozdělení je vždy předmětem smluvního ujednání, i když obvykle rizika typu vyšší moci zůstávají na státu a ostatní rizika průběhu stavby a provozu jsou na soukromém sektoru. U dopravních staveb je dále například otázka, jak budou rozložena rizika plynoucí z jistoty budoucího dopravního využití. Zajímavým opatřením, vymezujícím přípustná rizika pro veřejný sektor, je regulační zákon o smlouvě na provádění veřejně prospěšných prací, který je od roku 2001 platný ve Španělsku [6].

Charakteristickým prvním jevem projektů PPP je přílišná složitost přípravy stavby a následného smluvního ujednání. Pro oboustrannou spokojenost je nutné, aby byly zástupci veřejného sektoru jasně definovány požadavky na projekt, tj. přesné zadání, připraveny pozemky a provedeny podrobné finanční a rizikové analýzy. Vyjednávání o smlou-

vě bývá velmi dlouhý proces, obvykle dva až tři roky, ale u několika projektů ve Velké Británii trval až deset let. Z těchto důvodů v některých státech specializované vládní agentury připravily pro určité typy projektů procesní metodiky projektového řízení a modelové smlouvy, podle nichž se při přípravě postupuje. Tyto specializované útvary dále poskytují zájemcům poradenské služby a pomáhají hledat nejhodnější a efektivní formy kontraktů. V Německu a Rakousku tato standardizace neexistuje, což může mít za následek i poměrně pomalou aplikaci PPP.

Výhody modelu PPP spočívají zejména v získání vnějších zdrojů pro financování projektů, odlehčení veřejných rozpočtů (Maastrichtská kritéria), distribuci rizik, optimalizaci kapitálové struktury, zrychlení výstavby, kvalitním managementu a lepší konkurenci při zadávání zakázek. Výsledkem je redukce stavebních a provozních nákladů, zvýšení kvality služeb, kreativnost a další přidané služby.

Nevýhodou jsou vyšší nároky na soukromý kapitál (i když tato položka je silně ovlivněna zvolenou organizační strukturou projektu), složitá a nákladná příprava a menší pružnost daná dlouhodobostí kontraktů. Model je rizikovější než v případě čistě veřejné investice.

Spolufinancování projektů ze zdrojů EU

Při realizaci projektů pomocí metody PPP lze využívat i finanční prostředky ze zdrojů Evropské unie. Pro tyto projekty je nezbytná zejména průhlednost veřejné soutěže a přehledné vlastnictví. Ve všech případech je nutné, aby byl stát rozhodujícím způsobem zainteresován na vlastnictví infrastruktury [7], [8]. Problematická situace nastává, když vlastník infrastruktury je veřejný, ale provozovatelem je soukromý subjekt. Na příkladu projektu rekonstrukce kanalizační sítě v Brně lze ukázat, že průhlednost výběru uživatele a přiměřenost jeho výnosů bývá mnohdy obtížné před Evropskou komisí obhájit. Velké nebezpečí pro obce představuje privatizace infrastruktury, při níž se ztrácí možnost získat jakoukoli finanční podporu z EU. Podle názoru Ministerstva financí ČR nebyl dosud v zemích střední a východní Evropy nalezen vhodný model pro aplikaci PPP v projektech dopravní infrastruktury. Rozsáhlé projekty v Polsku a Maďarsku skončily nezdarem a dálnice D47 v České Republice je příkladem dalšího problematického projektu [11].

Evropská investiční banka se snaží aktivně finančně vstupovat do projektů PPP. Tato banka má s podobnými projekty bohaté zkušenosti, v roce 2002 poskytla úvěry v celkové výši 36 mld. EUR. Podmínky pro úvěry na projekty s účastí veřejného sektoru jsou velmi dobré, ale opět zde platí výše uvedená pravidla o přehlednosti kontraktu a jasném definování rizik.

Důležitým podkladem pro přípravu projektů PPP spolufinancovaných ze zdrojů EU i ostatních projektů je metodika Evropské komise [9], která se snaží popsat základní principy a podmínky partnerství včetně možností využívání komunitárních finančních zdrojů.

Možnosti využití v ČR

Aplikace modelu u nás je v počátcích a vlastní zkušenosti jsou minimální. Využití zahraničních zkušeností, a to jak pozitivních, tak negativních, může významně pomoci k úspěšné realizaci kvalitních projektů. Významnou překážkou je v tomto směru současná podoba zákona o zadávání veřejných zakázek, absence koncesního zákona upravujícího možnosti a pravomoci veřejných subjektů uzavírat

smlouvy PPP, odstranění daňových překážek, překážek při převodu majetku do majetku státu a nastavení systému kontroly veřejných výdajů v rámci PPP [10]. Na příkladu kontraktu na realizaci dálnice D47 je zřejmé, jak případnou realizaci stavby pomocí PPP může zkomplikovat neprůhlednost, chybějící výběrové řízení a nedostatečná právní příprava kontraktu. Neúspěch aplikace modelu na této stavbě neznamená obecný neúspěch jeho principu, ale neúspěch jedné konkrétní akce zatížené přílišným politickým tlakem a množstvím procesních chyb.

Velkým přínosem pro realizaci úspěšných projektů pomocí PPP by bylo vytvoření systému standardních smluvních vztahů a pracovních postupů včetně navazujících právních a poradenských služeb pro veřejný sektor. V tomto směru Ministerstvo financí ČR připravuje vytvoření specializované expertní skupiny, která zajistí právní a metodické předpoklady pro aplikaci modelu PPP v našich podmínkách včetně výběru pilotních projektů k ověření nastaveného právního a exekutivního rámce [10].

Pokud se bude při dalších realizacích postupovat standardním způsobem ověřeným v mnoha zemích EU a kontrakty projdou otevřeným výběrovým řízením, na jehož konci bude projekt oboustranně výhodného partnerství, je šance, že současné nedostatky veřejné infrastruktury budou co nejrychleji odstraněny. Vzhledem k fiskálním problémům veřejných rozpočtů není reálné, aby se bez využití soukromých finančních zdrojů Česká republika v dohledné době přiblížila kvalitativní a kvantitativní úrovni technické infrastruktury ve vyspělých zemích evropského hospodářského prostoru.

Literatura

- [1] Consolidated Versions of the Treaty on European Union and of the Treaty Establishing the European Community. Official Journal C325, 12/2002, par. 104.
- [2] Treaty on European Union. Protocol on the Excessive Deficit Procedure, Article 1. Official Journal C191, 7/1992, p. 84.
- [3] The Financing of Trans-European Transport Networks. Directorate-General for Research. Luxembourg, European Parliament, 1997.
- [4] Pokorná, O. – Mocková, D.: Spolupráce veřejného a soukromého sektoru. Doprava, 2003, č. 3, s. 9–11.
- [5] Draft Commission Interpretative Communication on Concessions under Community Law on Public Contracts. European Commission, DG XV, 1999.
- [6] Stejskal, P.: Regulační zákon o smlouvě na provádění veřejně prospěšných prací. Doprava, 2003, č. 1, s. 3–4.
- [7] Council Regulation (EC) No 1260/1999 of 21 June 1999 Laying Down General Provisions on the Structural Fund.
- [8] Council Regulation (EC) No 1164/1994 of 16 May 1994 Establishing a Cohesion Fund.
- [9] Guidelines for Successful Public Private Partnership. European Commission DG Regio, 2003.
- [10] Koncepce reformy veřejných rozpočtů ČR, Příloha č. 8 – Partnerství veřejného a soukromého sektoru. Praha, Ministerstvo financí ČR, 2003.
- [11] Závěry konference PPP. Radisson SAS Alcron Hotel, 28.1.2003, Praha.
- [12] Závěry ze semináře PPP. Evropská komise DG Regio, 7.3.2003, Praha.

Bukovský, J.: Public Private Partnership – Potential Applications

Public Private Partnership is a special investment model for public beneficial projects where the investment is shared not only by government, local and regional public bodies, but also by the private sector. The article deals with a basic characteristic of the PPP principle and its application in practice, the pros and cons and emphasizes some critical factors, which follow this type of contracts.

Bukovský, J.: Public Private Partnership – Anwendungsmöglichkeiten

Das Prinzip „Public Private Partnership“ stellt ein besonderes Modell für Investitionen in Projekte des öffentlichen Sektors dar, wo sich nicht nur der Staat, Gemeinden und Regionen, sondern auch die Privatwirtschaft an einer Gesamtinvestition beteiligen. Der Artikel beschäftigt sich mit der Grundcharakteristik des PPP-Prinzips und seiner Anwendung in der Praxis, nennt die Vorteile und Nachteile und hebt einige kritische Faktoren hervor, die Verträge dieses Typs begleiten.

• dizertace



Počítačová analýza optimálních tepelných a vlhkostních vlastností materiálů a systémů pro vnitřní tepelnou izolaci historických budov

Ing. Jiří Maděra

Dizertace je zaměřena na nalezení vhodných materiálů a jejich účinné kombinace pro vnitřní tepelnou izolaci historických budov. Využívá se řízený návrh vlastností materiálů a vývoj nových materiálů. Práce se zabývá možnostmi využití modelových prostředků pro navrhování konstrukčních uspořádání z hlediska přenosu tepla a vlhkosti.

Analýza rizika ve výstavbě a stavebnictví

Ing. Martin Štengl

Práce se zabývá analýzou rizika pomocí počítačové simulace metodou Monte Carlo. Přínos spočívá ve vytvoření univerzálního programového systému a v provádění numerických experimentů. Cenné jsou rovněž aplikace počítačové simulace v řízení stavebních firem.

Model projektově orientované společnosti a jeho adaptace na průmysl stavebnictví

*Ing. Kateřina BOČKOVÁ
Fakulta managementu a ekonomiky
Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně*

Příspěvek popisuje možnost adaptace modelu projektově orientované společnosti (POS) v podmínkách stavební firmy na průmysl stavebnictví za účelem definování projektově orientovaného průmyslu. Tato společnost realizuje projekty a programy jako nepostradatelnou součást plánování a řízení jednorázových aktivit. Dominantní roli zde sehrávají specifika stavebnictví daná charakterem výroby tohoto odvětví průmyslu a následně jeho hotového produktu.

Úvod

Česká republika neustále prochází změnami, ať již mluvíme o restrukturalizaci, privatizaci státních podniků, modernizaci, nebo o snaze vytvářet nové strategické, ekonomické a obchodní jednotky. V pozadí toho všeho stojí úspěšné podnikatelské organizace se snahou dosahovat vysokých cílů, vytvářet nové hodnoty, využívat efektivnější kombinace výrobních faktorů. K dosažení požadovaných cílů se tedy začalo využívat projektů. Projekty se staly nedílnou součástí plánování a řízení nejen v oblasti průmyslu, ale i v rámci neziskových organizací. Projekty se využívají především v oblasti stavební výroby, energetiky, v chemickém průmyslu a v oblasti informačních technologií. V současnosti můžeme zaznamenat rostoucí poptávku po know-how projektového řízení a po projektových manažerech [1].

Na základě výsledků analýz českého podnikatelského prostředí stavebních firem, zastoupených vzájemným propojením Porterova modelu pěti sil, společně s analýzami makroekonomického (analýza PEST), regionálního (multi-kriteriální analýza) a bezesporu i firemního prostředí stran spokojenosti zákazníka (KFÚ), přičemž tímto firmy splňují i požadavky norem ISO, za podpory výsledků hodnocení firmy v oblasti marketingu, strategie, technologie, kvality, logistiky a lidského faktoru podle Mapy připravenosti firmy k inovacím [2], umožňující firmě lépe proniknout do složitě a zatím ne zcela popsané problematiky konkurenceschopnosti, můžeme konstatovat, že jedním z nejvýznamnějších faktorů současné doby je právě **efektivnost realizace projektů výstavby**. Naším stavebním firmám nechybějí nápady, plány, ani ambice, ale spíše schopnost je efektivně provést – v termínu, s plánovanými náklady a zdroji. Musíme si uvědomit, že projekty zaujímají podstatnou část plánování a řízení, stávají se součástí firemních strategií, nesetkáváme se s nimi pouze u výrobních firem, ale i ve školách, při kulturních a společenských akcích, dokonce i v rodinách a v oblasti působnosti neziskových organizací. V praxi však dochází k nemalému střetu právě mezi využíváním a aplikací metod projektového řízení a poptávkou po know-how. Na českém trhu nemůžeme popřít existenci firem, které si uvědomují důležitost aplikace metod projektového řízení, i když jejich podíl je velmi malý, ale skutečná znalost jejich praktické aplikace jako taková naprosto neodpovídá standardům zavádění projektového řízení. Důvodem

je používání neadekvátních metod nekvalifikovanými osobami. Řada podniků se nechce věnovat získávání, popř. výchově vlastních projektových manažerů, nebo, což je pravděpodobnější, odmítají zaměstnávat externí projektové manažery, a to z důvodu poměrně vysokých mzdových požadavků. Avšak úspěch zavádění projektového řízení a aplikace jednotlivých metod nezávisí pouze na odbornosti projektového manažera. Současnost umožňuje aplikaci těchto metod ve zcela nových oblastech života společnosti, než tomu bylo dosud. Jde o malé asociace, správy obcí, školy, a dokonce i rodiny. Řízení projektů se stává makroekonomickou strategií společnosti, a to pro komplexní a dynamické zajištění kvality projektových výsledků.

Metodika

Příspěvek se orientuje především na stavebnictví z několika důvodů:

- stavebnictví je v ČR jedním z nejvýznamnějších odvětví národního hospodářství;
- je známo, že výstavbu objektů je žádoucí realizovat formou projektu.

Tato kritéria tedy nabízejí vhodné pole působnosti pro zavedení projektového řízení pro zlepšení řízení stavebních firem, a posléze pro aplikace modelu projektově orientované společnosti. Stavebnictví je zároveň vhodné pro prvotní ilustraci uplatnění modelu projektově orientovaného průmyslu. Je nutné si uvědomit, že výše uvedené platí za podmínky následujících předpokladů:

- existuje možnost adaptace POS na projektově orientovaný průmysl;
- POS je významnou podmnožinou projektově orientovaného průmyslu;
- různá odvětví průmyslu mají rozdílnou projektovou orientaci danou jejich specifiky a zaměřením. Pokud si manažer projektu neuvědomí specifickou strukturu daného odvětví, může při řízení změn za pomoci projektů následovat nesplnění projektového cíle, z čehož obvykle vyplývají ekonomické ztráty;
- cílem vytvoření modelu projektově orientovaného průmyslu je definování strategie a metrik pro jeho aplikaci;
- stavebnictví vykazuje poměrně značnou projektovou orientaci.

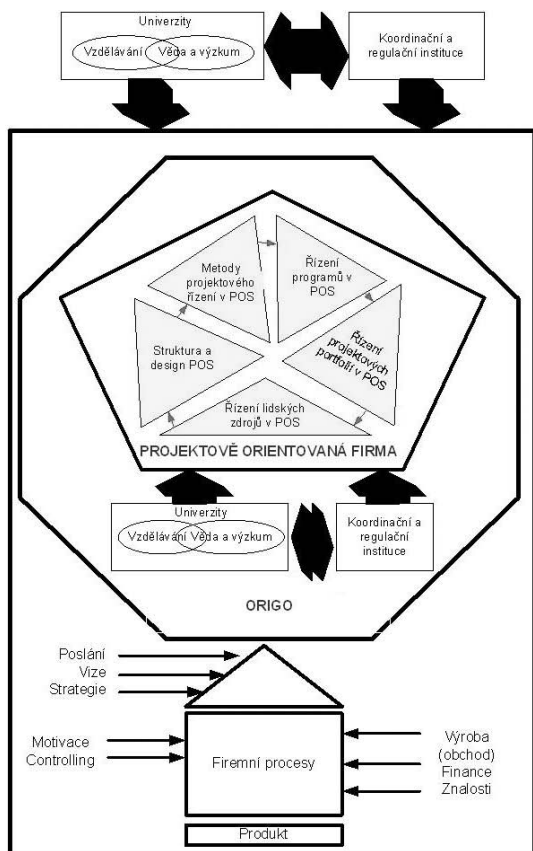
Výsledky

Dalšími kroky směřujícími ke zpracování a následné přímé aplikaci hybných sil výkonnosti a konkurenceschopnosti v podmínkách POS je vytvoření, popis a následné zobecnění modelu POS a jeho následná adaptace na jednotlivé oblasti průmyslu. Jedním z možných výstupů postupujících výzkumných činností je nalezení postavení POS ve stavebnictví a následná generalizace strategie a kritérií pro její další rozvoj.

■ **Model projektově orientované společnosti**

Existuje řada definic projektů, od těch nejjednodušších až po ty nejsložitější. Avšak v současných českých ekonomických podmínkách se klade důraz na procesní řízení projektů, z čehož vyplývá, že jediná platná definice projektu je podle normy ISO 10 006 [6]. Projekt je tedy realizován jako soubor plánovaných a vzájemně závislých procesů, v jehož průběhu se mají identifikovat a dokumentovat procesy projektu, jejich vlastníci a odpovědnosti a pravomoci vlastníků, mají se definovat, koordinovat a začlenit vzájemné závislosti procesu. Procesy mají být navrženy tak, aby nebyly opomenuty procesy, které se vyskytnou v životním cyklu produktu později, např. procesy vztahující se k údržbě. Mělo by se plánovat hodnocení postupů prací, aby se posoudil stav projektu, a je-li třeba, aby se získaly informace pro revidování plánu projektu. Ke splnění cílů projektu je nezbytné se zaměřit na jakost procesů i produktů. Je třeba klást důraz na jakost procesů managementu projektu a produktu projektu. Stejně, jako se vyvíjely metody a nástroje projektového řízení, je nutné, aby byl tento vývoj paralelně prováděn vývojem organizací využívajícím tuto metodu řízení, jde tedy o vznik projektově orientované společnosti.

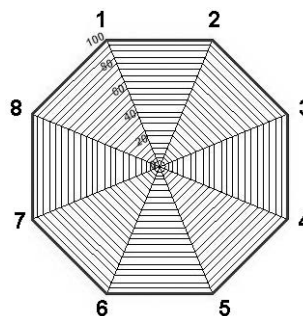
Metoda kritické cesty byla jako první použita v padesátých letech pro projekt vývoje amerických ponorek jako odpověď na jaderný arzenál tehdejšího SSSR, poté manažerská disciplína v následujících čtyřiceti letech téměř stagnovala, byly sice vytvořeny různé aplikace softwarových produktů, ale vždy šlo o využití základního principu kritické cesty. Teprve v posledních letech se objevila první skutečně nová metoda projektového řízení – kritický řetězec.



Obr. 1. Model projektově orientované společnosti – vlastní řešení

Projektově orientovaná společnost musí vykazovat praktické dovednosti a schopnosti v oblasti řízení projektů a programů (někde se můžeme setkat s duplicitou těchto pojmů), popř. v dalším rozvoji metod a aplikace projektového

řízení formou projektových portfolií, dále pak v oblasti řízení lidských zdrojů, záměrů a vytváření plánů organizace. S těmito skutečnostmi však úzce souvisí spolupráce firem v oblasti vzdělávání a výzkumu a taktéž spolupráce s regulačními a koordinačními institucemi, především musí mít tendence a ochotu tyto skutečnosti dále rozvíjet. Tyto kompetence POS jsou ovlivněny sociálním, materiálním a časovým obsahem. Materiální obsah je tvořen obecnou strukturou společnosti a jejím vlivem na projektovou orientaci, stejně tak významem projektů pro společnost. Časový obsah je ovlivněn historickým vývojem projektů a očekávaním vývoje v budoucnosti [3].



Obr. 2. Model origo POS – vlastní řešení podle [5]

1 – metody projektového řízení, 2 – řízení programů, 3 – řízení projektových portfolií, 4 – řízení lidských zdrojů, 5 – struktura a design, 6 – spolupráce se vzdělávacími institucemi a univerzitami, 7 – spolupráce s vědeckými a výzkumnými institucemi, 8 – spolupráce s regulačními a koordinačními institucemi

Pokud společnost tyto kompetence má, mluvíme o **origu (počátku)** projektově orientované společnosti. O projektově orientované společnosti jako takové mluvíme teprve tehdy, bereme-li v úvahu jednotlivé firemní procesy, neboť nemůžeme popřít existenci procesů, i když je většina firemních akcí realizována formou projektu. Tyto procesy jsou dány konkrétním odvětvím průmyslu. Obecně můžeme vycházet z normy [6] definující projekt jako proces, který lze rozdělit na mnoho různých vzájemně závislých dílčích procesů, jež jsou seskupeny podle vzájemné příbuznosti. Je uvedeno deset skupin procesů managementu projektu. První z nich je strategický proces, který odůvodňuje a stanoví zaměření projektu. Druhá skupina pokrývá management vzájemných závislostí mezi ostatními procesy. Dalších osm skupin jsou procesy vztahující se k záměrům, lhůtám, nákladům, zdrojům, pracovníkům, komunikaci, riziku a nakupování. Model projektově orientované společnosti je na obr. 1 znázorněn pomocí osmiúhelníku. Osm úhlů představuje jeho jednotlivé prvky. Pět z nich (metody projektového řízení, řízení programů, řízení projektových portfolií, řízení lidských zdrojů, struktura organizace) se vztahuje k praktickým činnostem a zbývající tři představují činnosti související s působením koordinačních a regulačních institucí, jako jsou školy, univerzity nebo poradenské firmy [4]. Model origo POS je znázorněn jako pavučinový graf na obr. 2.

Na základě provedeného průzkumu můžeme konstatovat, že projekty již mají v ČR v současné době určitou důležitost, která se bude s blížícím se vstupem do EU nadále zvyšovat. Největší podíl projektově orientace vykazuje průmysl informačních technologií, a samozřejmě stavebnictví.

■ **Projektově orientovaný průmysl stavebnictví**

V užším pojetí je průmysl koextenzivním sektorem s ekonomikou, představuje tedy výrobní uspořádání jednotlivých oborů. V širším pojetí, používaném v dalším

textu, se pojem průmysl vztahuje ke každému z odvětví ekonomiky a není omezen pouze na výrobní odvětví. Zemědělství tedy můžeme označit jako průmysl stejně jako produkci oceli nebo stavebnictví. Můžeme sem zařadit i služby, např. pojišťovnictví, cestovní ruch. Z tohoto hlediska celá ekonomika jakožto společnost může být rozdělena na jednotlivá průmyslová odvětví. Každé průmyslové odvětví obsahuje množství firem, organizací a seskupení zabývajících se specifickými činnostmi. Pokud tedy definujeme průmysl jako nezávislý sociální systém, zajistíme tím i propojení mezi jeho jednotlivými účastníky a předejdeme tím možným omezením.

Průmysl aplikující projekty a programy jako nedílnou součást jedinečných procesů střednědobého až dlouhodobého charakteru může být označován jako projektově orientovaný. Základem pro vytvoření jeho modelu je právě model projektově orientované společnosti. Společnost i průmysl jsou sociální systémy, v nichž je tedy možné aplikovat jmenovaný model. Model POS se zaměřuje na společnost jako takovou a její projektovou orientaci, a proto jde o velmi hrubý model. Model projektově orientovaného průmyslu je již specifickější. Zaměřuje se na konkrétní průmysl a jeho projektovou orientaci. Obsah modelu je výrazně ovlivněn všeobecnou strukturou průmyslu, stejně tak i historickým vývojem a očekáváním vývoje budoucnosti.

Realizace firemních akcí formou projektu má ve stavebnictví poměrně dlouhou tradici. Skutečnost, že řadu úkolů je možné provádět formou projektu, nabízí možnost vytvoření množství projektově orientovaných organizací. Investor musí oslovit průměrně třicet dalších firem, než je stavba úspěšně dokončena. Zároveň musí jmenovat jednoho generálního dodavatele a pověřit ho, aby za něho ve věci projektu jednal. Tohoto generálního dodavatele můžeme označit jako projektového manažera. Pro stavebnictví jsou navíc charakteristické tyto skutečnosti:

- jedinečnost procesů;
- začátek a konec projektu je jednoznačně definován;
- cíl je přesně specifikován;
- do projektu je zapojeno mnoho lidí, týmů, firem a institucí;
- projekty vykazují střední až vysokou komplexnost;
- vysoké náklady.

Všechny projekty výstavby jsou unikátní, protože každá stavba vypadá jinak, je realizována pro různé vlastníky a z různých důvodů. Rozhodnutí budoucího vlastníka o realizaci výstavby může být označováno jako začátek dlouhodobého projektu, který končí kolaudačním rozhodnutím, tudíž ve chvíli, kdy je možné se do budovy nastěhovat a užívat ji. Tyto události jsou tedy projektovým začátkem a projektovým koncem. Mezi začátkem a koncem je nutné plnit řadu úkolů, jakými jsou nákup pozemku, plánování, výstavba stavebních objektů, technologických souborů a jiných procesů nutných k dokončení výstavby. Právě v průběhu těchto procesů mohou metodiky projektového řízení a projektové koordinace usnadnit dosahování výstupů, ušetřit náklady a zvýšit kvalitu požadovaných výstupů.

Definovaným cílem projektu výstavby je realizace jakéhokoli druhu výstavby objektu, který bude užíván ke svému účelu. Existence prokazatelného cíle projektu je jedním ze základních požadavků pro aplikaci a využívání metod projektového řízení. Zapojení velkého množství nositelů oprávněných zájmů v různých vztazích k projektu je znakem vysoké komplexnosti projektu výstavby. Využívání nástrojů projektového řízení redukuje tuto složitost a napomáhá lepšímu a přehlednějšímu řízení nákladů. Výše uvedená fakta podněcují užívání metod řízení projektů ve stavebním průmyslu.

Závěr

Nejen typicky projektově orientovaný průmysl, jakým je stavebnictví, využívá projekty a programy k provádění jednorázových úkolů s vysokým stupněm komplexnosti. Do popředí se dostávají i nové typy, jako jsou marketingové projekty, vývoj nových výrobků, vývoj organizací. Avšak stavebnictví nebo strojírenství vykazují největší tendence k využívání projektů a využívají je v praxi poměrně často. Příspěvek v mnoha oblastech a směrech doplňuje, vysvětluje a prohlubuje stávající rozpracování a následnou přímou aplikaci hybných sil výkonnosti a konkurenceschopnosti v podmínkách projektově orientovaných společností v českých průmyslových firmách.

Článek byl zpracován za podpory výzkumného záměru CZE:J22/98:265300021 „Výzkum konkurenceschopnosti malých a středních firem“ řešeného na Fakultě managementu a ekonomiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně.

Literatura

- [1] Bočková, K.: Projektově orientovaný systém řízení firmy. Research Into the Competitive Abilities of Czech Industrial Producers. Workshop Proceedings. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta managementu a ekonomiky, duben 2003.
- [2] Vacek, J.: U-SME INNOVATION. [Citace], 2003-07-29, www.kip.zcu.cz/USME/index.html.
- [3] Bočková, K.: Projektově orientovaná společnost. Management, Economic and Business in New Europe. VUT Brno, duben 2003. s. 29–34.
- [4] Bočková, K.: Projektově orientovaný systém řízení firmy. Teoretické, metodologické a empirické aspekty podnikání v mezinárodním prostředí. VŠE Praha, březen 2003. s. 7–10.
- [5] Stolz, P.: Adaptation of the Model of the Project Oriented Society. [Citace], 2003-07-29, www.pmtage.at/cd02.
- [6] ISO 10 006 Management jakostí – směrnice jakostí v managementu projektu. ČSNI, 1999.

Bočková, K.: A Project-Oriented Society Model and Its Adaptation to the Construction Industry

This paper describes the possibilities of the adaptation of the model of the project-oriented society (POS) in conditions of a construction firm to the construction industry aiming to define a project-oriented industry. The POS conducts projects and programmes as a vital component of scheduling and management of single activities. In this respect, construction industry specifics resulting from the nature of production in this branch of industry, as well as its final product play a major role.

Bočková, K.: Modell eines projektorientierten Unternehmens und seine Anpassung an die Bauindustrie

Der Beitrag beschreibt die Möglichkeit der Anpassung des Modells eines projektorientierten Unternehmens unter den Bedingungen einer Baufirma für die Bauindustrie zum Zweck der Definierung einer projektorientierten Industrie. Ein projektorientiertes Unternehmen realisiert Projekte und Programme als unentbehrlichen Teil der Planung und Leitung einmaliger Aktivitäten. Eine dominante Rolle spielen hierbei Spezifika des Bauwesens, die durch den Charakter der Produktion dieses Industriezweigs und nachfolgend seines fertigen Produkts gegeben ist.

Algoritmus určování rovnice roviny pro laserové skenování

Ing. Bronislav KOSKA
Ing. Martin ŠTRONER, PhD.
doc. Ing. Jiří POSPÍŠIL, CSc.
ČVUT – Fakulta stavební
Praha

V příspěvku je řešena problematika určení rovnice světelné roviny vyvíjeného laserového skeneru na základě trojrozměrných souřadnic bodů, které budou měřeny prostorovou polární metodou v nadbytečném počtu. Pro řešení je užitá metoda vyrovnání podmínkových měření s neznámými pro korelovaná měření.

1. Úvod

V rámci řešení projektu věnovaného moderním optoelektronickým metodám topografie ploch je hledán vhodný způsob a postup bezkontaktního měření tvaru objektu s dostatečnou přesností a v krátkém čase. Navrhované metody jsou založeny na principu detekce optického signálu generovaného vhodným zdrojem optického záření a jeho následném počítačovém vyhodnocení. Na základě takto získaných informací bude možno vytvořit skelet měřeného objektu, který může být počítačově domodelován.

V této etapě řešení je navrhován systém pro skenování prostorově členitého povrchu, který jako zdroj optického záření využívá laserové záření ve viditelné oblasti spektra, jako detekční zařízení digitální barevnou kameru CCD a dále zařízení pro otáčení zkoumaného předmětu.

Pro určení tvaru povrchu se využívá světelná rovina vytvořená laserem a optickým členem. Průnik roviny s předmětem vytvoří světelný profil. Tento profil bude snímat kamera CCD a další vyhodnocení a zpracování poskytne prostorové souřadnice bodů tohoto profilu. V tomto příspěvku je řešena problematika určení rovnice světelné roviny na základě trojrozměrných souřadnic bodů, které budou měřeny geodetickými metodami v nadbytečném počtu.

2. Základní pojmy

Pro řešení byla použita metoda vyrovnání podmínkových měření s neznámými pro korelovaná měření [1]. Vychází se z obecné rovnice roviny

$$A \cdot x + B \cdot y + C \cdot z + D = 0, \quad (1)$$

která se upraví na tvar s minimálním počtem jednoznačně definovaných neznámých

$$a \cdot x + b \cdot y + c \cdot z + 1 = 0. \quad (2)$$

Nevýhodou tohoto tvaru je nemožnost vyjádření roviny procházející počátkem.

Výchozím vztahem je výraz pro vzdálenost bodu od roviny (2), který je podle [2] definován

$$d = \frac{|a \cdot x + b \cdot y + c \cdot z + 1|}{\sqrt{a^2 + b^2 + c^2}} \quad (3)$$

a který je pro body ležící v rovině, tedy vyrovnané body,

roven nule. Podmínka pro vyrovnání

$$\Omega = \sum_{i=1}^{3n} v_i^2 = \min,$$

kde n je počet bodů. Formulaci můžeme rozšířit pro body zaměřené s různou přesností a zapsat maticově

$$\Omega = \mathbf{v}^T \cdot \mathbf{P} \cdot \mathbf{v} = \min. \quad (4)$$

3. Příprava a formát vstupních hodnot

Vstupní hodnoty vyrovnání jsou souřadnice bodů. Ty se v našem případě neměří přímo, ale počítají se z měřených délek a směrů. K získání středních chyb hodnot vstupujících do vyrovnání je tedy nutno vycházet z těchto vztahů a aplikovat na ně zákon hromadění středních chyb. Dalším aspektem je podchyzení matematické korelace mezi takto vypočtenými souřadnicemi.

Vstupní veličinou vyrovnání tedy jsou souřadnice bodů a jejich kovarianční matice, resp. matice váhových koeficientů a střední chyba jednotková nebo matice vah a střední chyba jednotková. Z důvodů konvence použité v [1] použijeme pro naše měření (souřadnice) matici váhových koeficientů, protože jde o měření korelovaná. Výchozí vztahy

$$\begin{aligned} X &= X_0 + l \cdot \sin z \cdot \cos \alpha, \\ Y &= Y_0 + l \cdot \sin z \cdot \cos \alpha, \\ Z &= Z_0 + l \cdot \cos z, \end{aligned} \quad (5)$$

kde X_0, Y_0, Z_0 jsou souřadnice počátku měření délek a úhlů,

- l – šikmá délka,
- z – zenitový úhel,
- α – směrník.

Podle [1] je zákon hromadění středních chyb definován vztahem

$$\mathbf{S}_i = \mathbf{H} \cdot \mathbf{M}^2 \cdot \mathbf{H}^T. \quad (6)$$

Podle (6) pro kovarianční matici souřadnic platí

$$\mathbf{S}_{XYZ} = \mathbf{H} \cdot \mathbf{M}_{\text{mer}}^2 \cdot \mathbf{H}^T, \quad (7)$$

kde \mathbf{S}_{XYZ} je kovarianční matice souřadnic;

\mathbf{H} – matice koeficientů lineární funkce přenosu matice skutečných chyb měření na matici skutečných chyb neznámých. Vzniká derivací vztahů (5) podle jednotlivých měření;

$\mathbf{M}_{\text{mer}}^2$ – matice variací (na diagonále jsou kvadráty středních chyb měření).

V matici středních chyb měření vystupují střední chyby délek, směrníků a zenitových úhlů m_l, m_α, m_z . Ty jsou pro danou situaci uvažovány pro všechny body stejné.

Pro další výpočty je nutno vyjádřit matici váhových koeficientů. K tomu je potřeba volit střední chybu jednotkovou, např. jako průměrnou hodnotu kvadrátů středních chyb všech souřadnic.

Matice váhových koeficientů

$$\mathbf{Q}_{XYZ} = \frac{1}{m_0^2} \mathbf{S}_{XYZ},$$

kde m_0^2 volíme např. jako průměr hodnot diagonálních prvků matice \mathbf{S}_{XYZ} .

Protože $\partial X_i / \partial l_j = 0$ pro $i \neq j$, analogicky pro ostatní funkce a proměnné, mají funkce \mathbf{H} a \mathbf{S}_{XYZ} tvar

$$\mathbf{H} = \begin{pmatrix} \frac{\partial X_1}{\partial l_1} & \frac{\partial X_1}{\partial \alpha_1} & \frac{\partial X_1}{\partial z_1} & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ \frac{\partial Y_1}{\partial l_1} & \frac{\partial Y_1}{\partial \alpha_1} & \frac{\partial Y_1}{\partial z_1} & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ \frac{\partial Z_1}{\partial l_1} & \frac{\partial Z_1}{\partial \alpha_1} & \frac{\partial Z_1}{\partial z_1} & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \frac{\partial X_2}{\partial l_2} & \frac{\partial X_2}{\partial \alpha_2} & \dots & 0 & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & \frac{\partial Z_n}{\partial \alpha_n} & \frac{\partial Z_n}{\partial z_n} \end{pmatrix}, \quad (9)$$

$$\mathbf{S}_{XYZ} = \begin{pmatrix} m_{x_1}^2 & m_{x_1, y_1} & m_{x_1, z_1} & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ m_{y_1, x_1} & m_{y_1}^2 & m_{y_1, z_1} & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ m_{z_1, x_1} & m_{z_1, y_1} & m_{z_1}^2 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & m_{y_2}^2 & m_{y_2, x_2} & \dots & 0 & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & m_{z_n, y_n} & m_{z_n}^2 \end{pmatrix}. \quad (10)$$

4. Výpočet přibližných hodnot neznámých a, b, c

Vypočet je možno provést řešením rovnice roviny (2) pro nutný počet bodů (tři). Elegantnější řešení rovnice roviny v obecném tvaru (1) nabízejí Bronštejn – Semendžev [3]. Řešíme rovnici s determinantem

$$\begin{vmatrix} x-x_1 & y-y_1 & z-z_1 \\ x_2-x_1 & y_2-y_1 & z_2-z_1 \\ x_3-x_1 & y_3-y_1 & z_3-z_1 \end{vmatrix} = 0, \quad (11)$$

a tedy

$$A = (y_2 - y_1) \cdot (z_3 - z_1) - (y_3 - y_1) \cdot (z_2 - z_1), \quad (12)$$

$$B = -[(x_2 - x_1) \cdot (z_3 - z_1) - (x_3 - x_1) \cdot (z_2 - z_1)], \quad (13)$$

$$C = (x_2 - x_1) \cdot (y_3 - y_1) - (x_3 - x_1) \cdot (y_2 - y_1), \quad (14)$$

$$D = -x_1 \cdot A - y_1 \cdot B - z_1 \cdot C. \quad (15)$$

Ke stejným vztahům lze také dojít aplikací Cramerova pravidla.

Při programovém řešení je vhodné počítat tyto přibližné koeficienty z několika různých kombinací bodů s vyloučením odlehklých měření. Je to vhodné z důvodu neřešitelnosti této rovnice pro body ležící na přímce (všechny koeficienty jsou nulové) a z důvodu možného zavádějícího řešení pro body přímce se blížící.

Jednodušší ověření vhodnosti volby bodů pro přibližné řešení je výpočet přímky ze dvou bodů a následný výpočet vzdálenosti třetího bodu od této přímky. Zde by mohlo dojít např. k porovnání této vzdálenosti bodu od přímky se vzdáleností dvou původních bodů. Toto pravidlo je však oprávněné pouze při přibližně pravidelné síti měřených

bodů. Matematická podmínka splněná pro vhodné body může být např.

$$d_{3,p} > \frac{d_{1,2}}{10},$$

kde $d_{3,p}$ je vzdálenost třetího bodu od přímky, $d_{1,2}$ – vzdálenost prvního a druhého bodu.

Podle [2] můžeme vzdálenost $d_{3,p}$ vyjádřit

$$d_{3,p} = \frac{|\vec{u} \times (\vec{P}_1 \vec{P}_3)|}{|\vec{u}|}, \quad \text{kde } \vec{u} = P_2 - P_1, \quad (16)$$

a $d_{1,2}$ podle známého vztahu

$$d_{1,2} = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 + (z_2 - z_1)^2}. \quad (17)$$

5. Linearizace a maticová formulace

Výchozí podmínka pro vyrovnání je dána rovnicí

$$f(x, y, z, a, b, c) = \frac{a \cdot x + b \cdot y + c \cdot z + 1}{\sqrt{a^2 + b^2 + c^2}} = 0. \quad (18)$$

V této rovnici představují, poněkud nezvykle, měření proměnné x, y, z a hledané neznámé koeficienty a, b, c . Počet podmínek odpovídá počtu zaměřených bodů. Všechny podmínky můžeme maticově zapsat

$$\mathbf{f}(\mathbf{x}^T, \mathbf{h}^T) = 0, \quad (19)$$

kde \mathbf{x}^T je matice všech souřadnic

$$\mathbf{x}^T = (x_1, y_1, z_1, x_2, \dots, z_n)$$

a \mathbf{h}^T matice neznámých

$$\mathbf{h}^T = (a, b, c).$$

Podmínky můžeme linearizovat a vyjádřit maticově

$$\mathbf{A}^T \cdot \mathbf{v} + \mathbf{B} \cdot \mathbf{d}\mathbf{h} + \mathbf{u} = \mathbf{0}, \quad (20)$$

kde

$$\mathbf{A}^T = \begin{pmatrix} P & Q & R & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & P & Q & \dots & 0 & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & Q & R \end{pmatrix},$$

$$\mathbf{B} = \begin{pmatrix} \frac{\partial a_1}{\partial a_n} & \frac{\partial b_1}{\partial b_n} & \frac{\partial c_1}{\partial c_n} \\ \frac{\partial a_2}{\partial a_n} & \frac{\partial b_2}{\partial b_n} & \frac{\partial c_2}{\partial c_n} \\ \dots & \dots & \dots \\ \frac{\partial a_n}{\partial a_n} & \frac{\partial b_n}{\partial b_n} & \frac{\partial c_n}{\partial c_n} \end{pmatrix}, \quad \mathbf{d}\mathbf{h} = \begin{pmatrix} da \\ db \\ dc \end{pmatrix}, \quad \mathbf{u} = \begin{pmatrix} u_{01} \\ u_{02} \\ \dots \\ u_{0n} \end{pmatrix}, \quad (21)$$

$$\mathbf{v}^T = (v_{x_1}, v_{y_1}, v_{z_1}, v_{x_2}, \dots, v_{z_n}),$$

kde

$$\frac{\partial f_i}{\partial x_i} = \frac{a_0}{\sqrt{a_0^2 + b_0^2 + c_0^2}} = P, \quad \frac{\partial f_i}{\partial y_i} = \frac{b_0}{\sqrt{a_0^2 + b_0^2 + c_0^2}} = Q,$$

$$\frac{\partial f_i}{\partial z_i} = \frac{c_0}{\sqrt{a_0^2 + b_0^2 + c_0^2}} = R,$$

$$\frac{\partial f_i}{\partial a} = \frac{\partial a_i}{\partial a} = \frac{x_i}{(a_0^2 + b_0^2 + c_0^2)^{\frac{1}{2}}} - \frac{a_0 \cdot x_i + b_0 \cdot y_i + c_0 \cdot z_i + 1}{(a_0^2 + b_0^2 + c_0^2)^{\frac{3}{2}}} \cdot a_0,$$

$$\frac{\partial f_i}{\partial b} = \frac{\partial b_i}{\partial b} = \frac{y_i}{(a_0^2 + b_0^2 + c_0^2)^{\frac{1}{2}}} - \frac{a_0 \cdot x_i + b_0 \cdot y_i + c_0 \cdot z_i + 1}{(a_0^2 + b_0^2 + c_0^2)^{\frac{3}{2}}} \cdot b_0,$$

$$\frac{\partial f_i}{\partial c} = \partial c_i = \frac{z_i}{(a_0^2 + b_0^2 + c_0^2)^{\frac{1}{2}}} - \frac{a_0 \cdot x_i + b_0 \cdot y_i + c_0 \cdot z_i + 1}{(a_0^2 + b_0^2 + c_0^2)^{\frac{3}{2}}} \cdot c_0, \\ u_{0i} = \frac{a_0 \cdot x_i + b_0 \cdot y_i + c_0 \cdot z_i + 1}{\sqrt{a_0^2 + b_0^2 + c_0^2}}. \quad (22)$$

6. Hledání řešení podmínky $\Omega = \mathbf{v}^T \cdot \mathbf{Q}_{xyz}^{-1} \cdot \mathbf{v} = \min$

Použijeme „přímé řešení“ podle Lagrangeova postupu hledání minima

$$\bar{\Omega} = \mathbf{v}^T \cdot \mathbf{Q}_{xyz}^{-1} \cdot \mathbf{v} - 2 \cdot \mathbf{k}^T \cdot (\mathbf{A}^T \cdot \mathbf{v} + \mathbf{B} \cdot \mathbf{d}h + \mathbf{u}) = \min,$$

kde \mathbf{k} je vektor zatím neurčených Lagrangeových koeficientů. Minimum této funkce získáme, pokud položíme její derivaci podle \mathbf{v} a $\mathbf{d}h$ rovnu nule. Maticově tyto rovnice můžeme zapsat

$$\begin{pmatrix} \mathbf{A}^T \cdot \mathbf{Q}_{xyz} \cdot \mathbf{A} & \mathbf{B} \\ \mathbf{B}^T & \mathbf{0} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \mathbf{k} \\ \mathbf{d}h \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \mathbf{u} \\ \mathbf{0} \end{pmatrix} = \mathbf{0}.$$

Pokud řešení vyjádříme pomocí inverzní matice

$$\begin{pmatrix} \mathbf{k} \\ \mathbf{d}h \end{pmatrix} = - \begin{pmatrix} \mathbf{A}^T \cdot \mathbf{Q}_{xyz} \cdot \mathbf{A} & \mathbf{B} \\ \mathbf{B}^T & \mathbf{0} \end{pmatrix}^{-1} \cdot \begin{pmatrix} \mathbf{u} \\ \mathbf{0} \end{pmatrix}.$$

Pro další formulace je vhodné vyjádřit tuto rovnici ve zkrácené formě

$$\mathbf{y} = -\mathbf{N}^{-1} \cdot \mathbf{n}$$

a také provést další zjednodušení v zápisu

$$\mathbf{N}_0 = \mathbf{A}^T \cdot \mathbf{Q}_{xyz} \cdot \mathbf{A}.$$

Podle pravidel pro inverzi blokové matice lze inverzi matice \mathbf{N}^{-1} vyjádřit obecně

$$\mathbf{N}^{-1} = \begin{pmatrix} \mathbf{N}_0^{-1} - \mathbf{N}_0^{-1} \cdot \mathbf{B} \cdot (\mathbf{B}^T \cdot \mathbf{N}_0^{-1} \cdot \mathbf{B})^{-1} \cdot \mathbf{B}^T \cdot \mathbf{N}_0^{-1} & \mathbf{N}_0^{-1} \cdot \mathbf{B} \cdot (\mathbf{B}^T \cdot \mathbf{N}_0^{-1} \cdot \mathbf{B})^{-1} \\ (\mathbf{B}^T \cdot \mathbf{N}_0^{-1} \cdot \mathbf{B})^{-1} \cdot \mathbf{B}^T \cdot \mathbf{N}_0^{-1} & -(\mathbf{B}^T \cdot \mathbf{N}_0^{-1} \cdot \mathbf{B})^{-1} \end{pmatrix}$$

a opět zjednodušit značení

$$\mathbf{N}^{-1} = \begin{pmatrix} \mathbf{Q}_{kk} & \mathbf{Q}_{kh} \\ \mathbf{Q}_{hk} & \mathbf{Q}_{hh} \end{pmatrix}. \quad (23)$$

Pomocí těchto matic lze již přímo vyjádřit řešení neznámých

$$\mathbf{d}h = -\mathbf{Q}_{hk} \cdot \mathbf{u},$$

ale i hodnoty korelát a opravy měření

$$\mathbf{k} = -\mathbf{Q}_{kk} \cdot \mathbf{u}, \\ \mathbf{v} = \mathbf{Q}_{xyz} \cdot \mathbf{A} \cdot \mathbf{k},$$

7. Rozbor přesnosti

Pro vyrovnané neznámé a, b, c je nutno určit pro potřeby dalších výpočtů jejich střední chyby a také jejich vzájemné korelace. Princip jejich určení je založen na zákonu hromadění vah na množině funkcí publikovaném např. v [1], kde je také odvozen výpočet matice váhových koeficientů pro neznámé u výše popsaného způsobu vyrovnání. Bez odvození uvádíme výsledný vztah

$$\mathbf{Q}_h = -\mathbf{Q}_{hh}.$$

Výpočet \mathbf{Q}_{hh} je popsán v předcházejícím textu (23). Výpočet středních chyb jednotlivých vypočtených neznámých se tedy uskuteční podle vzorce

$$m_a = m_0 \cdot \sqrt{q_a},$$

kde

$$\mathbf{Q}_h = \begin{pmatrix} q_a & q_{a,b} & q_{a,c} \\ q_{b,a} & q_b & q_{b,c} \\ q_{c,a} & q_{c,b} & q_c \end{pmatrix}.$$

Výpočet aposteriorní střední chyby jednotkové m_0 se provede podle vzorce

$$m_0 = \sqrt{\frac{\mathbf{v}^T \cdot \mathbf{Q}_{xyz}^{-1} \cdot \mathbf{v}}{r - k}}, \quad (24)$$

kde r je počet podmínek a k počet neznámých.

Výpočet kovarianční matice potřebné pro další výpočty s neznámými a, b, c se tedy provede podle vzorce

$$\mathbf{S}_h = m_0 \cdot \mathbf{Q}_h. \quad (25)$$

8. Kontrola výpočtu

Pro kontrolu linearizace a ukončení výpočtu bylo stanoveno pravidlo, aby 1/10 střední chyby byla větší než absolutní hodnota přírůstku příslušné neznámé. Tím by mělo být zabezpečeno, že chyba z linearizace neboli z nepřesnosti přibližných hodnot neznámých příliš neovlivní výsledné neznámé. Symbolicky

$$\frac{m_a}{10} > |da| \wedge \frac{m_b}{10} > |db| \wedge \frac{m_c}{10} > |dc|. \quad (26)$$

9. Algoritmus výpočtu

1. Výpočet souřadnic vstupujících do vyrovnání a jejich kovarianční matice podle odst. 3.
2. Výpočet přibližných hodnot neznámých způsobem uvedeným v odst. 4.
3. Výpočet vyrovnaných neznámých podle vzorců v odst. 6.
4. Výpočet středních chyb a kovarianční matice vyrovnaných neznámých podle odst. 7.
5. Kontrola výpočtu podle rovnic v odst. 8. Pokud jsou nerovnice splněny, ukončení výpočtu. V opačném případě opakování výpočtů od bodu 2. Za přibližné hodnoty neznámých jsou přiřazeny hodnoty, které jsou výsledkem vyrovnání.

Příklad

Pro použití uvedené metody v projektu bude vypracován program umožňující její rychlé a flexibilní použití.

Měření

Vstupní hodnoty do výpočtu byly získány měřením, které se provádělo z několika důvodů, zejména:

1. zjištění technických problémů v zamýšlené metodě zaměření roviny realizované laserem;
2. první přibližné zjištění skutečných středních chyb určených koeficientů, což je nezbytné pro reálný odhad přesnosti celého systému;
3. ověření odhadů středních chyb vstupujících veličin na základě vyrovnání.

Při měření byly simulovány podmínky, které jsou předpokládány pro vyvíjený systém. Šlo zejména o rozměr a prostorovou konfiguraci. Byly také použity přístroje, jejichž uplatnění se v systému předpokládá. Byla zaměřena přibližně pravidelná matice bodů 5 x 6 (sloupce x řádky) o rozměru přibližně 1,1 x 0,6 m.

Výpočet

V příkladu vypočteném podle výše uvedeného algoritmu

v programu Mathcad 2001i Professional bylo zaměřeno 30 bodů prostorovou polární metodou. Uvažovaná střední chyba měřeného směrničku je $m_\alpha = 0,0030$ gon, zenitového úhlu $m_z = 0,0030$ gon a měřené délky je $m_l = 0,0006$ m.

Po prvním kontrolním výpočtu byla zjištěna řádově větší vzdálenost některých bodů od vyrovnané roviny. Šlo o body č. 5, 9 a 10, u nichž lze předpokládat hrubou chybu, a proto byly z konečného výpočtu vyloučeny. Pro níže uvedené výpočty bylo tedy použito 27 bodů. Jelikož se počítá s maticemi velkých rozměrů (až 81 x 81), jsou v článku někdy uvedeny pouze jejich zmenšené verze, vždy tak, aby jasné vyjadřovaly tvar a trend matice.

Naměřené veličiny po nutných redukcích (podle sloupců – směrniček [gon], zenitový úhel [gon], prostorová délka [m]; zobrazena je matice pro prvních 8 bodů)

$$\begin{pmatrix} 80,6794 & 103,2759 & 2,2969 \\ 77,9014 & 103,0358 & 2,4670 \\ 74,2232 & 102,7201 & 2,7451 \\ 85,3904 & 103,6396 & 2,0638 \\ 92,2478 & 104,1519 & 1,8167 \\ 92,2342 & 105,6659 & 1,8177 \\ 86,0527 & 105,0451 & 2,0368 \\ 80,6832 & 104,4805 & 2,2989 \end{pmatrix}$$

Z nich byly vypočteny prostorové souřadnice těchto bodů podle (5) a podle zákona hromadění vah také jejich matice váhových koeficientů (zobrazeno prvních 8 bodů)

$$\mathbf{X} = \begin{pmatrix} 11,080 & 12,521 & 9,883 \\ 10,469 & 12,006 & 9,882 \\ 10,646 & 12,152 & 9,685 \\ 10,686 & 12,189 & 9,882 \\ 10,838 & 12,317 & 9,882 \\ 10,220 & 11,797 & 9,838 \\ 10,441 & 11,982 & 9,839 \\ 10,685 & 12,188 & 9,838 \end{pmatrix}$$

Z důvodu velkého rozměru matice váhových koeficientů je uveden pouze její výřez pro šest souřadnic (první dva body). I z něj je zřejmá matematická korelace mezi souřadnicemi jednotlivých bodů

$$\mathbf{Q}_{XYZ} = \begin{pmatrix} 0,545999 & 0,969444 & -0,045089 & 0,000000 & 0,000000 & 0,000000 \\ 0,969444 & 2,392490 & -0,105205 & 0,000000 & 0,000000 & 0,000000 \\ -0,045089 & -0,105205 & 0,135645 & 0,000000 & 0,000000 & 0,000000 \\ 0,000000 & 0,000000 & 0,000000 & 0,214943 & 0,604793 & -0,035543 \\ 0,000000 & 0,000000 & 0,000000 & 0,604793 & 2,662647 & -0,152151 \\ 0,000000 & 0,000000 & 0,000000 & -0,035543 & -0,152151 & 0,082846 \end{pmatrix}$$

První výpočet

Přibližné hodnoty neznámých vypočtené z prvních tří bodů:

$$a_0 = 0,27765, b_0 = -0,33015, c_0 = 0,00580.$$

– matice \mathbf{A}^T (je zobrazena opět jenom část pro prvních tři body)

$$\mathbf{A}^T = \begin{pmatrix} 0,643572 & -0,765268 & 0,013439 & 0,000000 & 0,000000 & 0,000000 \\ 0,000000 & 0,000000 & 0,000000 & 0,643572 & -0,765268 & 0,013439 \\ 0,000000 & 0,000000 & 0,000000 & 0,000000 & 0,000000 & 0,000000 \\ 0,000000 & 0,000000 & 0,000000 & 0,000000 & 0,000000 & 0,000000 \\ 0,000000 & 0,000000 & 0,000000 & 0,000000 & 0,000000 & 0,000000 \\ 0,643572 & -0,765268 & 0,013439 \end{pmatrix}$$

– matice \mathbf{B} (prvních 8 bodů)

$$\mathbf{B} = \begin{pmatrix} 25,684 & 29,023 & 22,908 \\ 24,266 & 27,830 & 22,906 \\ 24,677 & 28,168 & 22,450 \\ 24,769 & 28,253 & 22,906 \\ 25,123 & 28,551 & 22,907 \\ 23,691 & 27,345 & 22,805 \\ 24,202 & 27,774 & 22,806 \\ 24,769 & 28,251 & 22,805 \end{pmatrix};$$

– matice \mathbf{N} (část matice)

$$\mathbf{N} = \begin{pmatrix} 0,673767 & 0,000000 & 0,000000 & 0,000000 & 0,000000 & 0,000000 & 0,000000 \\ 0,000000 & 1,055167 & 0,000000 & 0,000000 & 0,000000 & 0,000000 & 0,000000 \\ 0,000000 & 0,000000 & 0,895553 & 0,000000 & 0,000000 & 0,000000 & 0,000000 \\ 0,000000 & 0,000000 & 0,000000 & 0,878873 & 0,000000 & 0,000000 & 0,000000 \\ 0,000000 & 0,000000 & 0,000000 & 0,000000 & 0,784284 & 0,000000 & 0,000000 \\ 0,000000 & 0,000000 & 0,000000 & 0,000000 & 0,000000 & 1,330378 & 0,000000 \\ 0,000000 & 0,000000 & 0,000000 & 0,000000 & 0,000000 & 0,000000 & 1,079124 \end{pmatrix};$$

– přírůstky a vyrovnané neznámé

$$d\mathbf{h} = \begin{pmatrix} 2,277e-3 \\ -2,922e-3 \\ 1,155e-3 \end{pmatrix} \quad \text{a} \quad \mathbf{h} = \begin{pmatrix} 0,279924 \\ -0,333071 \\ 0,006953 \end{pmatrix};$$

– střední chyba jednotková aposteriorní a matice váhových koeficientů

$$m_0 = 0,000337 \quad \text{a} \quad \mathbf{Q}_h = \begin{pmatrix} 2,254876 & -2,396273 & 0,527269 \\ -2,396273 & 2,584269 & -0,608179 \\ 0,527269 & -0,608179 & 0,184029 \end{pmatrix};$$

– střední chyby a jejich porovnání s přírůstky $d\mathbf{h}$

$$\begin{aligned} m_a &= 0,000506 < |da \cdot 10| = 0,022777, \\ m_b &= 0,000541 < |db \cdot 10| = 0,029227, \\ m_c &= 0,000144 < |dc \cdot 10| = 0,011552. \end{aligned}$$

Protože požadovaná podmínka není splněna pro všechny neznámé, je nutno výpočet opakovat.

Druhý výpočet

Jako vstupující přibližné hodnoty jsou převzaty výsledné hodnoty z předcházejícího kroku (prvního). Přírůstky a vyrovnané neznámé

$$d\mathbf{h} = \begin{pmatrix} 1,975e-5 \\ -2,530e-5 \\ 9,961e-6 \end{pmatrix} \quad \text{a} \quad \mathbf{h} = \begin{pmatrix} 0,279944 \\ -0,333096 \\ 0,006963 \end{pmatrix}.$$

Střední chyba jednotková aposteriorní a matice váhových koeficientů

$$\mathbf{Q}_h = \begin{pmatrix} 2,334777 & -2,485306 & 0,551063 \\ -2,485306 & 2,684080 & -0,635460 \\ 0,551063 & -0,635460 & 0,192094 \end{pmatrix}.$$

Střední chyby a jejich porovnání s přírůstky $d\mathbf{h}$

$$\begin{aligned} m_a &= 0,000514 > |da \cdot 10| = 0,000198, \\ m_b &= 0,000551 > |db \cdot 10| = 0,000253, \\ m_c &= 0,000148 > |dc \cdot 10| = 0,000100. \end{aligned}$$

Protože podmínka je nyní splněna pro všechny neznámé, jsou dosažené výsledky považovány za správné. Pro další výpočty budou tedy použity vyrovnané hodnoty a jejich kovarianční matice \mathbf{S}_h

$$\begin{aligned} a &= 0,27994 \\ b &= -0,33310 \\ c &= 0,00696 \end{aligned} \quad \mathbf{S}_h = \begin{pmatrix} 0,00017555 & -0,00019554 & 0,00005204 \\ -0,00019554 & 0,00021944 & -0,00005995 \\ 0,00005204 & -0,00005995 & 0,00001787 \end{pmatrix}.$$

Literatura

- [1] Böhm, J. – Radouch, V. – Hampacher, M.: Teorie chyb a vyrovnávací počet. Praha, GKP, 1990, 416 s.
 [2] Budinský, B. – Charvát, J.: Matematika I. [Učební text], Praha, ČVUT 1994.

[3] Bronštejn, L. N. – Semendajev, K. A.: Průručka matematiky pre inžinierov a pre studujúcich. Bratislava, Slovenské vydavateľstvo technickej literatúry 1964.

Příspěvek vznikl v rámci řešení projektu č. 103/02/0357 GA ČR.

Koska, B. – Štroner, M. – Pospíšil, J.: Algorithm of Determination of the Equation of the Light Plane for Laser Scanning

This paper deals with the determination of the equation of the light plane of the laser scanner being developed. The equation is based on 3D coordinates of points measured by a spatial solar method in a redundant number. The solution involves the method of condition measurements with the unknowns for correlated measurements.

Koska, B. – Štroner, M. – Pospíšil, J.: Algorithmus zur Bestimmung der Gleichung der Ebene für Laserscannen

Im Beitrag wird die Problematik der Bestimmung der Gleichung der Lichtebene eines entwickelten Laserscanners auf Grund dreidimensionaler Koordinaten von mit der räumlichen Polarmethode gemessenen Punkten in überzähliger Anzahl behandelt. Für die Lösung wird die Methode des Ausgleichs der Bedingungsmessungen mit Unbekannten für korrelierte Messungen angewandt.

● osobní zprávy

Zemřel profesor Adolf Patera



Zákeřná nemoc, proti níž téměř tři roky statečně bojoval, 17. října 2003 předčasně ukončila život prof. Ing. Adolfa Patery, DrSc., významného odborníka ve vodním hospodářství, vynikajícího vysokoškolského pedagoga a také po dlouhá léta člena redakční rady Stavebního obzoru.

A. Patera pracoval na Fakultě stavební ČVUT plných 36 let a již od vysokoškolských studií na sebe upozorňoval mimořádným nadáním, zájmem, pracovním nasazením a výkonností i charakterovými vlastnostmi. Při své pedagogické činnosti se mohl opírat o nesporný talent; jeho zaujetí pro obor i schopnost zaujmout studenty, ochota plně se jim věnovat a vždy přispět radou logicky vyústily ve skutečnost, že i při vysoké náročnosti patřil k nejoblíbenějším vyučujícím na fakultě. Velké zásluhy měl o řízení doktorského studia na fakultě jako předseda oborové rady. Sám byl vyhledávaným vedoucím doktorandů. Na fakultě se zasloužil o zpracování řady koncepčních materiálů, byl rovněž proděkanem fakulty, velmi aktivní byl i v rámci ČVUT, a samozřejmě i na katedře hydrotechniky.

Ve své vědecké práci se prof. Patera dlouhodobě věnoval problematice vodních nádrží, kde byl velmi aktivním členem skupiny, která vytvářela moderní metodologii navrhování a řízení provozu nádrží v rámci vodohospodářských

soustav. Intenzivně se věnoval otázkám vlivu nádrží na prostředí, zabýval se jejich teplotním a zimním režimem. Vysoké kvality vedoucího vědeckého pracovníka prokázal mj. řízením širokého týmu zaměřeného na extrémní hydrologické jevy v povodích. Jeho práce byly vysoce oceňovány i v zahraničí, stejně tak byl zván k řešení závažných problémů vodohospodářské praxe.

Rozsah jeho publikační činnosti byl obdivuhodný, ať již jde o původní vědecké práce, učební pomůcky či odborné nebo popularizační práce. Měl mimořádný smysl pro hodnotu písemností, jejich vysokou úroveň po obsahové i formální stránce. Sám byl vynikající a pohotový stylista. Z jeho iniciativy bylo vydáno množství sborníků i zvláštních tisků, na nichž se podílel i autorsky.

Prof. A. Patera však byl především člověk s vynikajícím charakterem, velmi otevřený, přátelský, nezištný, vždy ochotný pomoci a přispět ke zdaru každého dobrého záměru. Jeho vztah ke spolupracovníkům výrazně napomáhal k pozitivním aktivitám, takže kolem jeho osoby se vytvářel široký přátelský okruh lidí z různých oblastí, které velmi pozitivně ovlivňoval a motivoval.

Všichni jsme obdivovali jeho široké společenské zájmy, zejména v České vědeckotechnické vodohospodářské společnosti, v rámci prací na historii vědy a techniky, ale také v oblasti kultury, sportu, turistiky atd.

Bez ohledu na závažné komplikace, které mu nemoc přinášela, dokázal pokračovat ve svých aktivitách až do posledních dnů svého života. Můžeme jen litovat, že prof. A. Paterovi nebylo dáno pokračovat v jeho díle, a zejména toho, že se v každodenním chodu fakulty, katedry i jinde nadále nebudeme moci těšit z jeho osobního přínosu.

prof. Ing. Vojtěch Broža, DrSc.

Skanska opět ocení diplomové práce

Další ročník soutěže o nejlepší diplomovou práci vyhlásil pro rok 2003/2004 generální ředitel společnosti Skanska CZ a děkani stavebních fakult VŠB – TU Ostrava, ČVUT v Praze a VUT Brno. Podle Ing. Františka Vladaře, ředitele personálního odboru Skanska CZ, je cílem soutěže podpora odborné úrovně stavebních fakult a jejich studentů. Nezanedbatelný je i zájem firmy o nadané stavební inženýry jako potenciální zaměstnance.

Do vzájemného „měření odborných sil“ mohou mladí technici přihlásit diplomové práce pojednávající o stavebně technických nebo ekonomických a obecných tématech:

Fakulta stavební ČVUT

- Architektura, Stavební inženýrství
- Ekonomika a řízení, Management
- Konstrukce a dopravní stavby, Materiály
- Inženýrství životního prostředí, Voda, Systémové inženýrství
- Geodézie a ostatní
- Geodézie a kartografie



Termín odevzdání přihlášek do 1. prosince 2003.

VUT Brno

- Pozemní stavby
- Stavebně materiálové inženýrství
- Konstrukce a dopravní stavby
- Vodní hospodářství a vodní stavby
- Management stavebnictví
- Geodézie a kartografie



Termín odevzdání přihlášek do 15. prosince 2003.

VŠB – TU Ostrava

- Stavebně technická.



I v tomto případě mohou studenti zasílat přihlášky do 15. prosince 2003.

Soutěže se mohou zúčastnit studenti posledního ročníku, kteří e-mailem, faxem nebo poštou zašlou přihlášku do soutěže v jednom z tematických okruhů k rukám **Martina Hamšíka** na adresu: **New Deal Communications, a. s., Nekázanka 9, 110 00 Praha 1, tel.: +420 222 248 044, fax: +420 222 248 041, e-mail: office@newdeal.cz.** Zde, případně na internetových stránkách **www.skanska.cz** nebo přímo na jednotlivých fakultách, mohou studenti získat další potřebné informace a formulář přihlášky k soutěži.

Sdružení vedené společností Skanska CZ postaví hlavní budovu Terminálu Sever 2 na ruzyňském letišti

Smlouvu na zatím největší část zakázky na dostavbu ruzyňského letiště – hlavní objekt Terminálu Sever 2 – podepsala Česká správa letišť, s. p., s konsorciem firem Skanska CZ, a. s., a Strabag, a. s. Sdružení, ve kterém má Skanska CZ jako vedoucí účastník podíl prací 72,5 %, se stalo vítězem s nabídkovou cenou 3,166.700.287 Kč bez DPH. Práce na stavbě byly zahájeny 24. listopadu.

„Jsme připraveni na řízení projektu výstavby terminálu nasadit řídicí tým složený z nejkvalitnějších techniků Skanska, abychom zajistili náročné nákladové, termínové i kvalitativní parametry této unikátní stavby,“ řekl při podpisu smlouvy Ing. Jiří Bažata, člen představenstva Skanska CZ a výkonný ředitel Divize pozemní stavitelství Čechy.

Zakázka, kde na ploše 28.690 m² vyroste do roku 2005 moderní objekt o obestavěném objemu 546.315 m³, patří podle objemu prací k nejrozsáhlejším v České republice. V navrhovaném terminálu je provoz řešen ve dvou úrovních. Ve výškové úrovni přednádražní plochy je úroveň příletů, o úroveň výš jsou řešeny odlety. Budova terminálu s odletovou a příletovou halou, ke které kolmo vede příjezdová estakáda, je dominantní, ve spodní úrovni je umístěna třídílná zavazadel. Mezi nový a stávající terminál je vložen spojovací objekt. V severozápadním směru na nový terminál navazuje prst C.

„Získáním této zakázky jsme potvrdili naši vedoucí úlohu na domácím stavebním trhu. Stavět budeme s maximálním důrazem na ochranu životního prostředí, a to jak v souladu s platnými normami, tak s celosvětovými standardy SKANSKA“, zdůraznil RNDr. Miroslav Tvrđý, místopředseda představenstva a finanční ředitel Skanska CZ.



SKANSKA

STAVEBNÍ OBZOR

ročník 12 – 2003

OBSAH



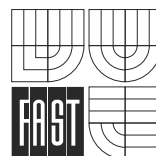
Fakulta stavební
ČVUT Praha



Česká komora
autorizovaných inženýrů
a techniků



Český svaz stavebních
inženýrů



Fakulta stavební
VUT Brno



Fakulta stavební
VŠB TU – Ostrava

ABECEDNÍ REJSTŘÍK 2003

I

- Alarashi, A. – Priganc, S. – Ficko, L.:* Spôľahlivosť zosilnenia betónových prvkov lamelami CFRP při teplotách do 100 °C, 9/166
- Baláž, I. – Osterrieder, P. – Richter, S.:* Kranbahnträger aus Walzprofilen Nachweise und Bemessungsdiagramme (rec.), 3/85
- *Valtinat, G.:* Aluminium im Konstruktiven Ingenieurbau (rec.), 3/95
- *Meister, J.:* Nachweispraxis Biegeknicken und Biegedrillknicken (rec.), 8/252
- *Stiglat, K.:* Brücken am Weg Frühe Brücken aus Eisen und Beton in Deutschland und Frankreich (rec.), 8/254
- Bartoněk, D.:* Metodika tisku v grafickém režimu, 2/45
- Systémy pro vyhodnocení protikorozní ochrany potrubí, 1/16
- Bauer, K. – Lachout, P.:* Pravděpodobnostní model celkových nákladů stavebních objektů, 7/213
- Beran, V.:* Řídící procesy v navrhování technického díla, rozhodování, fraktály a „market bubbles“, 1/20
- Bill, Z. – Žďára, V. – Novotný, J.:* Poruchy velkoplošných vrstvených podlah, 9/257
- Bočková, K.:* Potenciál využití soudobých metod projektového řízení ve stavební firmě, 2/61
- Model projektově orientované společnosti a jeho adaptace na průmysl stavebnictví, 10/306
- Bukovský, J.:* Public Private Partnership a možnosti jeho aplikace v ČR, 10/303
- Bursík, M.:* Hodnocení stavu obvodových plášťů první generace panelových domů, 10/289
- Buryan, P. – Maršák, J.:* Využití jílovců cyprisového souvrství ve stavebnictví, 8/242
- Čejka, T. – Witzany, J. – Hruška, A.:* Statická bezpečnost prefabrikovaných stěnových systémů vícepodlažních budov při působení účinků mimořádných zatížení, 5/136
- Čejka, T. – Witzany, J. – Zemánek, J.:* Chemická a biochemická degradace Karlova mostu, analýza odolnosti a bezpečnosti kamenné mostní konstrukce při povodni, průzkum základového zdiva a základů mostních pilířů, 6/161
- Čejka, T. – Witzany, J. – Zigler, R.:* Vliv vlhkosti na fyzikálně mechanické vlastnosti porézních stavebních materiálů a na únosnost zdiva, 4/97
- Únosnost tlačných zděných pilířů, 5/129
- Černý, R. – Drchalová, J. – Toman, J.:* Vlhkostní parametry cementového kompozitu vyztuženého uhlíkovými vlákny, 2/42
- Černý, R. – Pavlík, Z. – Jiříčková, M.:* Ověření funkčnosti nového vnitřního tepelně izolačního systému na bázi kapilárně aktivní minerální vlny, 1/6
- Černý, R. – Pavlík, Z. – Maděra, J.:* Teplotně vlhkostní analýza stavební konstrukce pomocí semi-scale experimentu a počítačových simulací, 10/296
- Černý, R. – Poděbradská, J. – Toman, J.:* Závislost součinitele teplotní vodivosti cementových kompozitů vyztužených skleněnými vlákny na teplotě, 7/206
- Černý, R. – Tydlitát, V. – Kunca, A. – Drchalová, J. – Rovnaníková, P.:* Tepelné a vlhkostní vlastnosti vápené omítky s přísadou metakaolinu, 4/122
- Čihák, F. – Patera, A.:* Zemřel nestor českých vodohospodářů prof. Ing. Dr. Ladislav Votruba, DrSc., 2/64
- Dobeš, Č. – Mráz, J. – Sasínková, A. – Záleský, J. – Chamra, S. – Pruška, J.:* Projekt instrumentace pro

- měření prostorových deformací vybraných objektů Pražského hradu, 8/225
- Drchalová, J. – Černý, R. – Tydlitát, V. – Kunca, A. – Rovnaníková, P.:* Tepelné a vlhkostní vlastnosti vápené omítky s přísadou metakaolinu, 4/122
- Drchalová, J. – Toman, J. – Černý, R.:* Vlhkostní parametry cementového kompozitu vyztuženého uhlíkovými vlákny, 2/42
- Ehrenberger, J. – Polák, M. – Rotter, T. – Studnička, J. – Lenner, R. – Jachan, J.:* Lávka v Mladé Boleslavi, 4/105
- Fecko, L. – Priganc, S. – Alarashi, A.:* Spolehlivost zosilněnía betonových prvků lamelami CFRP při teplotách do 100 °C, 9/166
- Ficker, T.:* Glaserův kondenzační model, 2/54
- Fryba, L.:* Kurrer, K. E.: Geschichte der Baustatistik (rec.), 5/159
- Gajdošík, J. – Zeman, J. – Šejnoha, M.:* Příprava geometrického modelu pro mikromechanickou analýzu, 3/79
- Gregerová, J. – Zapletalová, M.:* Vliv solí a mikroflóry vlhkého zdiva na sanační omítky, 3/75
- Hačková, L.:* Beran, V.: Dynamický harmonogram (rec.), 8/253
- Hánek, P.:* Geodetické vytyčení přípravků k výrobě ocelových segmentových střešních nosníků, 6/186
- Hladká, K.:* Nejnovější vlivy v rakouském územním plánování, 7/210
- Hruška, A. – Čejka, T. – Witzany, J.:* Statická bezpečnost prefabrikovaných stěnových systémů vícepodlažních budov při působení účinků mimořádných zatížení, 5/136
- Chamra, S. – Dobeš, Č. – Mráz, J. – Sasínková, A. – Záleský, J. – Pruška, J.:* Projekt instrumentace pro měření prostorových deformací vybraných objektů Pražského hradu, 8/225
- Chmel, P.:* Analýza rizik při řízení výstavbových projektů RiskControl, 8/250
- Chybík, J.:* Absolventi FA VUT v Brně a jejich vztah k technickým předmětům, 9/287
- Jachan, J. – Ehrenberger, J. – Polák, M. – Rotter, T. – Studnička, J. – Lenner, R.:* Lávka v Mladé Boleslavi, 4/105
- Jarušková, D. – Kuklíková, A.:* Metody odhadování kvantilů, 8/246
- Jiránek, M. – Svoboda, Z.:* Teplotní pole pod objekty s ventilačním systémem podloží, 2/37
- Jiříčková, M. – Černý, R. – Pavlík, Z.:* Ověření funkčnosti nového vnitřního tepelně izolačního systému na bázi kapilárně aktivní minerální vlny, 1/6
- Jiříkovský, T. – Pospíšil, J. – Vobořilová, P.:* Určení geometrických parametrů vybrané části katedrály sv. Víta v Praze, 8/239
- Koláčková, J. – Paříková, P.:* Laboratorní dešťový simulátor pro stanovování erodovatelnosti půdy, 6/181
- Korbelář, J. – Makovička, D. – Studničková, M. – Makovička, D. jr.:* Dynamický tlumič na lávce pro chodce, 5/149
- Koska, B. – Štroner, M. – Pospíšil, J.:* Algoritmus určování rovnice roviny pro laserové skenování, 10/309
- Kropáč, O. – Šprinc, J. – Šprinc, M.:* Pásmové charakteristiky podélných nerovností vozovek, 7/217
- Kuklíková, A. – Jarušková, D.:* Metody odhadování kvantilů, 8/246
- Kunca, A. – Černý, R. – Tydlitát, V. – Drchalová, J. – Rovnaníková, P.:* Tepelné a vlhkostní vlastnosti vápené omítky s přísadou metakaolinu, 4/122
- Lachout, P. – Bauer, K.:* Pravděpodobnostní model celkových nákladů stavebních objektů, 7/213
- Lamboj, L.:* Poslední rozloučení s profesorem Šimkem, 5/158
- Lamboj, L. – Záleský, J. – Pruška, J.:* Výzkum a ověření metod monitorování svahových posunů, 8/229
- Lemák, D.:* Oprava železobetonového komína, 7/193
- Lenner, R. – Jachan, J. – Ehrenberger, J. – Polák, M. – Rotter, T. – Studnička, J.:* Lávka v Mladé Boleslavi, 4/105
- Lenner, R.:* Vliv příčných náběhů desek na průhyby komorových mostů, 2/33
- Maděra, J. – Pavlík, Z. – Černý, R.:* Teplotně vlhkostní analýza stavební konstrukce pomocí semi-scale experimentu a počítačových simulací, 10/296
- Makovička, D. – Studničková, M. – Makovička, D. jr. – Korbelář, J.:* Dynamický tlumič na lávce pro chodce, 5/149
- Maršák, J. – Buryan, P.:* Využití jílovců cyprisového souvrství ve stavebnictví, 8/242
- Mráz, J. – Dobeš, Č. – Sasínková, A. – Záleský, J. – Chamra, S. – Pruška, J.:* Projekt instrumentace pro měření prostorových deformací vybraných objektů Pražského hradu, 8/225
- Můčka, P.:* Dynamické účinky nákladných vozidel na vozovku, 1/10
- Nad, L.:* Podrobná experimentální analýza prefabrikovaného mosta, 1/1
- Novák, J.:* Moderní optické metody měření vibrací v průmyslu
– bodové techniky, 2/49
– celoplošné techniky, 3/85
- Rastogi, P. K.: Digital Speckle Pattern Interferometry and Related Techniques (rec.), 2/55
- Novotný, J. – Bill, Z. – Žďára, V.:* Poruchy velkoplošných vrstvených podlah, 9/257
- Novotný, R.:* Vyztužování vybraných plošných konstrukcí stejně namáhanými liniovými nosnými prvky, 7/201
- Padevět, P.:* Mechanické vlastnosti betonu za vyšších teplot, 5/145
- Paříková, P. – Koláčková, J.:* Laboratorní dešťový simulátor pro stanovování erodovatelnosti půdy, 6/181
- Pavlík, Z. – Jiříčková, M. – Černý, R.:* Ověření funkčnosti nového vnitřního tepelně izolačního systému na bázi kapilárně aktivní minerální vlny, 1/6
- Pavlík, Z. – Maděra, J. – Černý, R.:* Teplotně vlhkostní analýza stavební konstrukce pomocí semi-scale experimentu a počítačových simulací, 10/296
- Pletnická, J.:* Základní poznatky o řešení regenerace „brownfields“ v zahraničí, 1/27
- Poděbradská, J. – Toman, J. – Černý, R.:* Závislost součinitele teplotní vodivosti cementových kompozitů vyztužených skleněnými vlákny na teplotě, 7/206
- Polák, M. – Lenner, R. – Jachan, J. – Ehrenberger, J. – Rotter, T. – Studnička, J.:* Lávka v Mladé Boleslavi, 4/105

- Pospíšil, J. – Koska, B. – Štroner, M.:* Algoritmus určování rovnice roviny pro laserové skenování, 10/309
- Pospíšil, J. – Štroner, M.:* Ověřování přesnosti statického měření aparatury jednoduché webové kamery, 1/31
- Sledování časových změn přetvoření stavební konstrukce digitální kamerou, 7/223
- Pospíšil, J. – Vobořilová, P. – Jiříkovský, T.:* Určení geometrických parametrů vybrané části katedrály sv. Víta v Praze, 8/239
- Priganc, S. – Alarashi, A. – Ficko, L.:* Spoľahlivosť zosilnenia betónových prvkov lamelami CFRP při teplotách do 100 °C, 9/166
- Procházka, J. – Vobořilová, P.:* Měření posunů a přetvoření historických staveb geodetickými metodami, 8/232
- Pruška, J. – Dobeš, Č. – Mráz, J. – Sasínková, A. – Záleský, J. – Chamra, S.:* Projekt instrumentace pro měření prostorových deformací vybraných objektů Pražského hradu, 8/225
- Pruška, J. – Záleský, J. – Lamboj, L.:* Výzkum a ověření metod monitorování svahových posunů, 8/229
- Rotter, T. – Lenner, R. – Jachan, J. – Ehrenberger, J. – Polák, M. – Studnička, J.:* Lávka v Mladé Boleslavi, 4/105
- Rotter, T. – Ryjáček, P.:* Půdorysně zakřivené ocelobetonové mosty, 9/261
- Rovnaníková, P. – Černý, R. – Tydlitát, V. – Kunca, A. – Drchalová, J.:* Tepelné a vlhkostní vlastnosti vápenné omítky s přísadou metakaolinu, 4/122
- Ryjáček, P. – Rotter, T.:* Půdorysně zakřivené ocelobetonové mosty, 9/261
- Říha, J.:* Koncept udržitelného rozvoje selhává, 9/275
- Sasínková, A. – Dobeš, Č. – Mráz, J. – Záleský, J. – Chamra, S. – Pruška, J.:* Projekt instrumentace pro měření prostorových deformací vybraných objektů Pražského hradu, 8/225
- Semerák, P. – Vydra, V. – Vodák, F.:* Program CESAR-LCPC pro numerické modelování mechanických a termodynamických jevů, 5/156
- Stejskal, F.:* Ocel a sklo, 3/65
- Rekonstrukce panoramatického kina ve Varnsdorfu, 10/300
- Studnička, J.:* Experimenty s opakovaným namáháním správací lišty, 7/197
- Metropolitan Habitats and Infrastructure, 3/94
- Studnička, J. – Lenner, R. – Jachan, J. – Ehrenberger, J. – Polák, M. – Rotter, T.:* Lávka v Mladé Boleslavi, 4/105
- Studničková, M.:* Kmitání lávek pro chodce, 4/112
- Studničková, M. – Makovička, D. jr. – Korbelař, J. – Makovička, D.:* Dynamický tlumič na lávce pro chodce, 5/149
- Suchá, J.:* Odvození vztahů pro výpočet úhlů stočení odrazných terčů, 3/82
- Svoboda, Z. – Jiránek, M.:* Teplotní pole pod objekty s ventilačním systémem podloží, 2/37
- Šejnoha, M. – Zeman, J. – Gajdošík, J.:* Příprava geometrického modelu pro mikromechanickou analýzu, 3/79
- Šejnoha, J. – Šejnoha, M. – Valenta, R.:* Transformace funkce dotvarování na relaxační funkci, 4/116
- Šprinc, J. – Šprinc, M. – Kropáč, O.:* Pásmové charakteristiky podélných nerovností vozovek, 7/217
- Štroner, M.:* Návrh a kalibrace měřicího systému tvořeného teodolitem a digitální kamerou, 2/56
- Štroner, M. – Koska, B. – Pospíšil, J.:* Algoritmus určování rovnice roviny pro laserové skenování, 10/309
- Štroner, M. – Pospíšil, J.:* Ověřování přesnosti statického měření aparatury jednoduché webové kamery, 1/31
- Sledování časových změn přetvoření stavební konstrukce digitální kamerou, 7/223
- Teplý, B.:* O vzdělávání v teorii spolehlivosti stavebních konstrukcí a pravděpodobnostních přístupech, 4/119
- Toman, J. – Černý, R. – Drchalová, J.:* Vlhkostní parametry cementového kompozitu vyztuženého uhlíkovými vlákny, 2/42
- Toman, J. – Poděbradská, J. – Černý, R.:* Závislost součinitele teplotní vodivosti cementových kompozitů vyztužených skleněnými vlákny na teplotě, 7/206
- Trtík, K. – Zadražil, T. – Vodák, F.:* Vliv teploty na pevnost betonu užitého při stavbě kontejnmentu jaderné elektrárny Temelín, 9/272
- Tydlitát, V. – Kunca, A. – Drchalová, J. – Rovnaníková, P. – Černý, R.:* Tepelné a vlhkostní vlastnosti vápenné omítky s přísadou metakaolinu, 4/122
- Valenta, R. – Šejnoha, J. – Šejnoha, M.:* Transformace funkce dotvarování na relaxační funkci, 4/116
- Vobořilová, P. – Procházka, J.:* Měření posunů a přetvoření historických staveb geodetickými metodami, 8/232
- Vobořilová, P. – Jiříkovský, T. – Pospíšil, J.:* Určení geometrických parametrů vybrané části katedrály sv. Víta v Praze, 8/239
- Vodák, F. – Semerák, P. – Vydra, V.:* Program CESAR-LCPC pro numerické modelování mechanických a termodynamických jevů, 5/156
- Vodák, F. – Trtík, K. – Zadražil, T.:* Vliv teploty na pevnost betonu užitého při stavbě kontejnmentu jaderné elektrárny Temelín, 9/272
- Vydra, V. – Vodák, F. – Semerák, P.:* Program CESAR-LCPC pro numerické modelování mechanických a termodynamických jevů, 5/156
- Wasserbauer, R.:* Vliv mikroorganismů ze záplavových vod na funkci infuze na bázi organokřemičitých sloučenin, 3/73
- Witzany, J. – Čejka, T. – Hruška, A.:* Statická bezpečnost prefabrikovaných stěnových systémů vícepodlažních budov při působení účinků mimořádných zatížení, 5/136
- Witzany, J. – Čejka, T. – Zemánek, J.:* Chemická a biochemická degradace Karlova mostu, analýza odolnosti a bezpečnosti kamenné mostní konstrukce při povodni, průzkum základového zdiva a základů mostních pilířů, 6/161
- Witzany, J. – Čejka, T. – Zigler, R.:* Vliv vlhkosti na fyzikálně mechanické vlastnosti poréznych stavebních materiálů a na únosnost zdiva, 4/97
- Únosnost tlačných zděných pilířů, 5/129
- Zadražil, T. – Trtík, K. – Vodák, F.:* Vliv teploty na pevnost betonu užitého při stavbě kontejnmentu jaderné elektrárny Temelín, 9/272
- Záleský, J. – Dobeš, Č. – Mráz, J. – Sasínková, A. – Chamra, S. – Pruška, J.:* Projekt instrumentace pro měření prostorových deformací vybraných objektů Pražského hradu, 8/225

- Záleský, J. – Lamboj, L. – Pruška, J.: Výzkum a ověření metod monitorování svahových posunů, 8/229
- Zapletalová, M. – Gregerová, M.: Vliv solí a mikroflóry vlhkého zdiva na sanační omítky, 3/75
- Zeman, J. – Šejnoha, M. – Gajdošík, J.: Příprava geometrického modelu pro mikromechanickou analýzu, 3/79
- Zemánek, J. – Čejka, T. – Witzany, J.: Chemická a biochemická degradace Karlova mostu, analýza odolnosti a bezpečnosti kamenné mostní konstrukce při povodni, průzkum základového zdiva a základů mostních pilířů, 6/161
- Zigler, R. – Čejka, T. – Witzany, J.: Vliv vlhkosti na fyzikálně mechanické vlastnosti porézních stavebních materiálů a na únosnost zdiva, 4/97
- Únosnost tlačných zděných pilířů, 5/129
- Žďára, V. – Novotný, J. – Bill, Z.: Poruchy velkoplošných vrstvených podlah, 9/257

VĚCNÝ REJSTŘÍK

■ matematika

- Algoritmus určování rovnice roviny pro laserové skenování (Koska, B. – Štroner, M. – Pospíšil, J.), 10/309
- Metody odhadování kvantilů (Jarušková, D. – Kuklíková, A.), 8/246

■ fyzika

- Glaserův kondenzační model (Ficker, T.), 2/54
- Metodika tisku v grafickém režimu (Bartoněk, D.), 2/45
- Program CESAR-LCPC pro numerické modelování mechanických a termodynamických jevů (Vodák, F. – Semerák, P. – Vydra, V.), 5/156

■ stavební hmoty

- Vliv solí a mikroflóry vlhkého zdiva na sanační omítky (Zapletalová, M. – Gregerová, M.), 3/75
- Vlhkostní parametry cementového kompozitu vyztuženého uhlíkovými vlákny (Drchalová, J. – Toman, J. – Černý, R.), 2/42
- Tepelné a vlhkostní vlastnosti vápenné omítky s přísadou metakaolinu (Tydlitát, V. – Kunca, A. – Drchalová, J. – Černý, R. – Rovnaníková, P.), 4/122
- Využití jílovců cyprisoového souvrství ve stavebnictví (Maršák, J. – Buryan, P.), 8/242
- Závislost součinitele teplotní vodivosti cementových kompozitů vyztužených skleněnými vlákny na teplotě (Poděbradská, J. – Toman, J. – Černý, R.), 7/206

■ konstrukce pozemních staveb

- Hodnocení stavu obvodových plášťů první generace panelových domů (Bursík, M.), 10/289
- Ověření funkčnosti nového vnitřního tepelně izolačního systému na bázi kapilárně aktivní minerální vlny (Pavlík, Z. – Jiříčková, M. – Černý, R.), 1/6
- Poruchy velkoplošných vrstvených podlah (Žďára, V. – Novotný, J. – Bill, Z.), 9/257
- Statická bezpečnost prefabrikovaných stěnových systémů vícepodlažních budov při působení účinků mimořádných zatížení (Witzany, J. – Čejka, T. – Hruška, A.), 5/136

- Teplotně vlhkostní analýza stavební konstrukce pomocí semi-scale experimentu a počítačových simulací (Pavlík, Z. – Maděra, J. – Černý, R.), 10/296
- Teplotní pole pod objekty s ventilačním systémem podloží (Jiránek, M. – Svoboda, Z.), 2/37
- Únosnost tlačných zděných pilířů (Witzany, J. – Čejka, T. – Zigler, R.), 5/129
- Vliv mikroorganismů ze záplavových vod na funkci infuze na bázi organokřemičitých sloučenin (Wasserbauer, R.), 3/73
- Vliv vlhkosti na fyzikálně mechanické vlastnosti porézních stavebních materiálů a na únosnost zdiva (Witzany, J. – Čejka, T. – Zigler, R.), 4/97

■ ekonomika a řízení ve stavebnictví

- Analýza rizik při řízení výstavbových projektů – RiskControl (Chmel, P.), 8/250
- Potenciál využití soudobých metod projektového řízení ve stavební firmě (Bočková, K.), 2/61
- Pravděpodobnostní model celkových nákladů stavebních objektů (Bauer, K. – Lachout, P.), 7/213
- Public Private Partnership a možnosti jeho aplikace v ČR (Bukovský, J.), 10/303
- Řídící procesy v navrhování technického díla, rozhodování, fraktály a „market bubbles“ (Beran, V.), 1/20
- Základní poznatky o řešení regenerace „brownfields“ v zahraničí (Pletnická, J.), 1/27

■ inženýrská informatika

- Absolventi FA VUT v Brně a jejich vztah k technickým předmětům (Chybík, J.), 9/287
- Model projektově orientované společnosti a jeho adaptace na průmysl stavebnictví (Bočková, K.), 10/306
- Nejnovější vlivy v rakouském územním plánování (Hladká, K.), 7/210
- O vzdělávání v teorii spolehlivosti stavebních konstrukcí a pravděpodobnostních přístupech (Teplý, B.), 4/119

■ stavební mechanika

- Dynamický tlumič na lávce pro chodce (Makovička, D. – Studničková, M. – Makovička, D. jr. – Korbelář, J.), 5/149
- Kmitání lávek pro chodce (Studničková, M.), 4/112
- Transformace funkce dotvarování na relaxační funkci (Šejnoha, J. – Šejnoha, M. – Valenta, R.), 4/116

■ betonové konstrukce a mosty

- Chemická a biochemická degradace Karlova mostu, analýza odolnosti a bezpečnosti kamenné mostní konstrukce při povodni, průzkum základového zdiva a základů mostních pilířů (Witzany, J. – Čejka, T. – Zemánek, J.), 6/161
- Lávka v Mladé Boleslavi (Lenner, R. – Jachan, J. – Ehrenberger, J. – Polák, M. – Rotter, T. – Studnička, J.), 4/105
- Mechanické vlastnosti betonu za vyšších teplot (Padevět, P.), 5/145
- Oprava železobetonového komína (Lemák, D.), 7/193

Podrobná experimentální analýza prefabrikovaného mosta (Nadl, E.), 1/1

Spolehlivost zosilnění betónových prvků lamelami CFRP při teplotách do 100 °C (Priganc, S. – Alarashi, A. – Fecko, L.), 9/166

Vliv příčných náběhů desek na průhyby komorových mostů (Lenner, R.), 2/33

Vliv teploty na pevnost betonu užitého při stavbě kontejneru jaderné elektrárny Temelín (Zadražil, T. – Vodák, F. – Trtík, K.), 9/272

Vyztužování vybraných plošných konstrukcí stejně namáhanými líniovými nosnými prvky (Novotný, R.), 7/201

■ ocelové konstrukce

Experimenty s opakovaným namáháním sprahovací lišty (Studnička, J.), 7/197

Ocel a sklo (Stejskal, F.), 3/65

Půdorysně zakřivené ocelobetonové mosty (Ryjáček, P. – Rotter, T.), 9/261

Rekonstrukce panoramatického kina ve Varnsdorfu (Stejskal, F.), 10/300

■ geotechnika

Projekt instrumentace pro měření prostorových deformací vybraných objektů Pražského hradu (Záleský, J. – Chamra, S. – Pruška, J. – Dobeš, Č. – Mráz, J. – Sasínková, A.), 8/225

Systémy pro vyhodnocení protikorozní ochrany potrubí (Bartoněk, D.), 1/16

Výzkum a ověření metod monitorování svahových posunů (Lamboj, L. – Záleský, J. – Pruška, J.), 8/229

■ silniční stavby

Dynamické účinky nákladných vozidel na vozovku (Můčka, P.), 1/10

Pásmové charakteristiky podélných nerovností vozovek (Kropáč, O. – Šprinc, J. – Šprinc, M.), 7/217

■ hydromeliorace a krajinné inženýrství

Laboratorní dešťový simulátor pro stanovování erodovatelnosti půdy (Paříková, P. – Koláčková, J.), 6/181

Koncept udržitelného rozvoje selhává (Říha, J.), 9/275

■ geodezie a pozemkové úpravy

Geodetické vytyčení přípravků k výrobě ocelových segmentových střešních nosníků (Hánek, P.), 6/186

Měření posunů a přetvoření historických staveb geodetickými metodami (Procházka, J. – Vobořilová, P.), 8/232

Moderní optické metody měření vibrací v průmyslu (Novák, J.)
– bodové techniky, 2/49
– celoplošné techniky, 3/85

Návrh a kalibrace měřicího systému tvořeného teodolitem a digitální kamerou (Štroner, M.), 2/56

Odvození vztahů pro výpočet úhlů stočení odrazných terčů (Suchá, J.), 3/82

Ověřování přesnosti statického měření aparatury jednoduché webové kamery (Štroner, M. – Pospíšil, J.), 1/31

Sledování časových změn přetvoření stavební konstrukce digitální kamerou (Pospíšil, J. – Štroner, M.), 7/223

Určení geometrických parametrů vybrané části katedrály sv. Víta v Praze (Vobořilová, P. – Jiřikovský, T. – Pospíšil, J.), 8/239

■ software

Metodika tisku v grafickém režimu (Bartoněk, D.), 2/45

Příprava geometrického modelu pro mikromechanickou analýzu (Gajdošík, J. – Zeman, J. – Šejnoha, M.), 3/79

■ bienále

Industriální stopy, –r–, 5/144

■ dizertace

2/41, 2/60, 3/75, 5/148, 5/160, 6/185, 7/209, 7/222, 7/224, 8/249, 9/285, 10/302, 10/305

■ ČSSI

Ustavena Česká společnost stavebních koordinátorů, –r–, 8/252

■ konference

Ocelové konstrukce a mosty 2003, –r–, 1/9, 7/196

Spolehlivost konstrukcí, –r–, 1/19, 4/121

Geotechnical Problems with Man-Made and Man Influenced Grounds, –r–, 6/189

ČVUT v evropském výzkumném a vzdělávacím prostoru, –r–, 6/191

Sanace a rekonstrukce staveb 2003, –r–, 8/231

Betonářské dny 2003, –r–, 9/265

TECHSTA 2004, –r–, 9/274

■ kongresy

Eurasfalt&Erobitume, –r–, 4/115

■ kurzy

Geotechnické inženýrství, –r–, 2/48

■ literatura

Pavlík, M.: České inženýrské stavby, –r–, 1/26

Petržilek, P. a kol.: Předpisy o posuzování vlivů na životní prostředí s komentářem, –r–, 2/44

Štenglová, I.: Soubor předpisů soukromého stavebního práva, –r–, 3/72

Technický slovník naučný G–J, –r–, 3/96

Skopec, J.: Bezbariérové řešení staveb, –r–, 4/118

Oehm, J. – Oehm, P.: Soubor předpisů bytového práva, –r–, 4/125

Kumprecht, P.: Stavební zákon v otázkách, odpovědích a soudní praxi, –r–, 4/128

Roček, J.: Průmyslové armatury, –r–, 6/185

Trajer, V.: Katastr nemovitostí/40 otázek a odpovědí z praxe, –r–, 8/254

■ osobní zprávy

Zemřel nestor českých vodohospodářů prof. Ing. Dr. Ladislav Votruba, DrSc. (Patera, A. – Čihák, F.), 2/64

Poslední rozloučení s profesorem Šimkem (Lamboj, L.), 5/158

Zemřel profesor Adolf Patera (Broža, V.), 10/313

■ public relations

Skanska – Divize technologie, 9/286
 Skanska opět ocení diplomové práce, 10/314
 Skanska – Terminál Sever 2, 10/314

■ recenze

Rastogi, P. K.: Digital Speckle Pattern Interferometry and Related Techniques (*Novák, J.*), 2/55
 Osterrieder, P. – Richter, S.: Kranbahnträger aus Walzprofilen Nachweise und Bemessungsdiagramme (*Baláž, I.*), 3/85
 Valtinat, G.: Aluminium im Konstruktiven Ingenieurbau (*Baláž, I.*), 3/95
 Kurrer, K. E.: Geschichte der Baustatistik (*Fryba, L.*), 5/159
 Meister, J.: Nachweispraxis Biegeknicke und Biegedrillknicken (*Baláž, I.*), 8/252
 Beran, V.: Dynamický harmonogram (*Hačková, L.*), 8/253
 Stiglat, K.: Brücken am Weg Frühe Brücken aus Eisen und Beton in Deutschland und Frankreich (*Baláž, I.*), 8/254

■ semináře

Ocelové konstrukce, –r–,
 Poruchy a životnost nosných konstrukcí, –r–, 4/126
 Geomonitoring, –r–, 5/135, 7/212, 8/241
 Dřevěné konstrukce, –r–, 5/155
 Legislativa a právo ve stavebnictví, –r–, 8/239, 9/260

■ soutěže

O nejlepší diplomovou práci ve školním roce 2002/2003, –r–, 1/5, 8/255
 O nejlepší realizovanou stavbu s ocelovou konstrukcí v ČR a SR v období 2002–2003, –r–, 2/41, 4/111, 7/200
 O nejlepší rodinný dům pro bydlení v příměstských oblastech a na venkově z cihlového systému POROTHERM 2003, –r–, 4/127, 9/287

Nový domov roku 2003, –r–, 7/221
 Ochrana historických objektů ČSVTS před povodněmi, –r–, 7/222

■ sympozia

Metropolitan Habitats and Infrastructure (*Studnička, J.*), 3/94
 Inovace 2003, –r–, 9/271

■ veletrhy

Holz-Handwerk, –r–, 3/79
 I.H.M., –r–, 3/82
 V dubnu na Evropské stavební fórum IBF, –r–, 3/93
 Intermat, –r–, 3/94
 Stavební veletrhy zaměřeny na EU i povodně, –r–, 4/104
 BauFach 2003, –r–, 6/190, 8/251
 Ocenění Danube House, –r–, 7/205
 Doprovodný program ForArch 2003, –r–, 7/224
 Batimat – Časy se mění a řemeslo také, –r–, 8/255
 Marmomacc 2003, –r–, 9/288
 Bauma 2004, –r–, 10/302

■ zprávy

Nový logistický park v Ruzyni, –r–, 1/15
 Nejmodernější školský stravovací komplex v České republice, –r–, 1/30
 Ocenění pro vysouvané tunely pod Vltavou, –r–, 2/36
 Úspěšná vodní tlaková zkouška unikátní nádrže, –r–, 3/92
 Interiéry západního a středního křídla Nového paláce na Pražském hradě dostaly novou podobu, –r–, 3/95
 Technický a zkušební ústav stavební jubilem, –r–, 4/126
 Nová továrna na automobilové součástky, –r–, 4/127
 Přírodní kámen pro krásu i k užítku, –r–, 4/128
 Technopark ve Stodůlkách, –r–, 5/159
 Palác Flora zahájil provoz, –r–, 5/160
 V pražské ZOO vyrůstá evropská rarita – indonéský pavilon, –r–, 6/192
 Nový pavilon na brněnském výstavišti, –r–, 10/299

Obchvat Olomouce zprovozněn

Od počátku října mohou motoristé využívat patnáctikilometrový obchvat Olomouce, který výrazně urychlí dopravu, zvláště ve směru na Brno, Přerov a Hranice na Moravě. Stavba, částečně financovaná půjčkou od Evropské investiční banky, má být dokončena v červnu 2004.

Obchvat Olomouce je součástí budoucí 173 km dlouhé rychlostní komunikace R35 Hradec Králové – Lipník nad Bečvou. Stavba je vedena jižně kolem Olomouce, začátek úseku navazuje na silnici 1/46 Olomouc – Brno na jižním okraji města a na východním okraji se napojuje na již vybudovanou část směrem na Lipník u obce Přáslavice. Zprůjezdněním této části obchvatu tak bude dokončen téměř 30 km dlouhý úsek mezi Olomoucí a Lipníkem nad Bečvou, zlepší se podmínky pro motoristickou veřejnost při cestování mezi Ostravou, Brnem a Prahou, a tedy i výrazně zkrátí jízdní dobu. Vyloučením tranzitní dopravy z centra Olomouce se výrazně zlepší životní prostředí ve městě, v němž nebylo na průjezdu výjimkou 40 tis. vozidel za 24 h a přípustná hladina hluku byla překračována až o 75 %. Celkový obchvat však bude vyřešen až vybudováním západní tangenty směrem k obci Křelov, kterou Ředitelství silnic a dálnic ČR plánuje zahájit koncem příštího roku. Do té doby zůstane část dopravy směrem na Mohelnicu a Hradec Králové v centru města a povede kolem fakultní nemocnice a hustou zástavbou ulicemi Brněnská, Albertova, Foerstrova a Pražská.

Celá trasa překračuje tři významné překážky, a to železniční trať ČD Olomouc – Nezamyslice, řeku Moravu a hlavní železniční trať

Olomouc – Přerov, kde jsou vybudovány tři nejdelší mostní estakády, a to přes trať Olomouc – Nezamyslice v délce 460 m (11 polí o délce 42 m, předpjatý železobetonový monolitický trám), přes Moravu v délce 250 m (6 polí o délce 45 m, železobetonový předpjatý rám) a přes trať ČD Olomouc – Přerov v délce 215 m (7 polí o délce 31 m, prefabrikované nosníky se spřaženou ocelobetonovou deskou). Obě mostní monolitické estakády byly betonovány pomocí výsuvné mostní skruže, zakoupené od norské firmy NRS. Nejdelší mostní estakáda, subtilní konstrukce ve směrovém i zakružovacím oblouku, dominantní v celém okolí, byla v loňském roce zařazena do Národní knihy mostních konstrukcí pro mezinárodní konferenci v japonské Ósace.

K dalším zajímavostem této stavby určitě patří dvě oběi klasická mimoúrovňová křížení, doplněná semidirektivními rampami, s výše uvedenými rychlostními silnicemi. V půdorysu těchto křížení se nachází deset mostních objektů a 14 km větví ramp. Tato moderní křížení určitě patří k největším v celé ČR a doplněná portály s přehledným dopravním značením, kamerovým a SOS systémem, meteosystémem včetně zařízení pro sčítání dopravy budou plně srovnatelná s obdobnými křížovatkami ve světě. Povrch vozovky na hlavní trase je v délce 8 km tvořen cementobetonovým krytem a 6,5 km krytem asfaltovým. Cementobetonový kryt tloušťky 30 cm (23 cm spodní beton a 7 cm vrchní beton) opatřený kotvami a trny, byl položen finišerem WIRTGEN SP 1600.

Tisková informace