

STAVEBNÍ OBZOR

ROČNÍK 15 ČÍSLO 01/2006

Navigace v dokumentu

OBSAH

Úvodník	1
Pirner, M. Dynamické zatěžovací zkoušky a diagnostika betonových mostů	2
Karas, J. – Macháček, J. Předcházení poruchám staveb v důsledku stavební činnosti	10
Mikula, R. – Jiránek, M. Pokrok v technologii stanovení součinitele difúze radonu v hydroizolacích	13
Zuda, L. – Černý, R. – Rovnaníková, P. – Bayer, P. Vliv vysokých teplot na vlastnosti kompozitních materiálů se struskovým pojivem – 1. část	17
Pospíšil, J. – Štroner, M. Moderní geodetické technologie a přístroje pro nivelaci	21
Peterková, V. Anglicko-český slovník ekologie a životního prostředí	29
Pokyny pro autory	31

1 • 2006

ročník 15

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**

Úvodník 1	Editorial 1	Leitartikel 1
Pirner, M. Dynamické zatěžovací zkoušky a diagnostika betonových mostů 2	Pirner, M. Dynamic Loading Tests and Concrete Bridge Diagnostics 2	Pirner, M. Dynamische Belastungsprüfungen und Diagnostik von Betonbrücken 2
Karas, J. – Macháček, J. Předcházení poruchám staveb v důsledku stavební činnosti 10	Karas, J. – Macháček, J. Preventing Structural Failures as a Result of Construction Activities ... 10	Karas, J. – Macháček, J. Vorbeugung vor Bauschäden infolge von Bautätigkeit 10
Mikula, R. – Jiránek, M. Pokrok v technologii stanovení součinitele difúze radonu v hydroizolacích 13	Mikula, R. – Jiránek, M. Progress in Technology of Determination of Radon Diffusion Coefficient in Hydroinsulations 13	Mikula, R. – Jiránek, M. Ein Fortschritt bei der Technologie der Bestimmung des Diffusionskoeffizienten von Radon in Abdichtungen gegen Wasser 13
Zuda, L. – Černý, R. – Rovnaníková, P. – Bayer, P. Vliv vysokých teplot na vlastnosti kompozičních materiálů se struskovým pojivem – 1. část 17	Zuda, L. – Černý, R. – Rovnaníková, P. – Bayer, P. Thermal Properties of a Composite Material on the Basis of Alkali Activated Slag at High Temperatures – Part 1 17	Zuda, L. – Černý, R. – Rovnaníková, P. – Bayer, P. Der Einfluss hoher Temperaturen auf die Eigenschaften von Kompositmaterialien mit Schlackebindemittel – 1. Teil 17
Pospíšil, J. – Štroner, M. Moderní geodetické technologie a přístroje pro nivelaci 21	Pospíšil, J. – Štroner, M. Modern Geodetical Technologies and Levelling Instruments 21	Pospíšil, J. – Štroner, M. Moderne geodätische Verfahren und Geräte zur Nivellierung 21
Peterková, V. Anglicko-český slovník ekologie a životního prostředí 29	Peterková, V. English-Czech Dictionary of Ecology and Environment 29	Peterková, V. Englisch-Tschechisches Wörterbuch der Ökologie und der Umwelt 29
Pokyny pro autory 31		

REDAKČNÍ RADA**Předseda:**

prof. Ing. Jiří STUDNIČKA, DrSc.

Místopředseda:

doc. Ing. Alois MATERNA, CSc.

Členové:

Ing. Miroslav BAJER, CSc.

doc. Ing. Pavel HÁNEK, CSc.

Ing. Jiří HIRŠ, CSc.

doc. Ing. Vladimír JELÍNEK, CSc.

Ing. Jana KORYTÁROVÁ, PhD.

Ing. Karel KUBEČKA

doc. Ing. Ladislav LAMBOJ, CSc.

doc. Ing. Ivan MOUDRÝ, CSc.

doc. Ing. Jaroslav NOVÁK, CSc.

doc. Ing. Luděk NOVÁK, CSc.

doc. Ing. Miloslav PAVLÍK, CSc.

prof. Ing. J. PROCHÁZKA, CSc.

Ing. Vlastimír ROJÍK

Ing. Karel SVOBODA

doc. Dr. Ing. Miloslav ŠLEZINGR

Ing. Ludvík VÉBR, CSc.

doc. Ing. Josef VITÁSEK, CSc.

prof. Ing. Jiří WITZANY, DrSc.

Ing. Renata ZDAŘILOVÁ

STAVEBNÍ OBZOR, odborný měsíčník, vydává Fakulta stavební ČVUT Praha společně s Fakultou stavební VUT Brno, Fakultou stavební VŠB TU Ostrava, Českou komorou autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě a Českým svazem stavebních inženýrů. Řídí redakční rada, vedoucí redaktorka Marcela Klímová. Adresa redakce: Thákurova 7, 166 29 Praha 6, tel./fax: 224 354 596, klimova@fsv.cvut.cz, http://web.fsv.cvut.cz/obzor. Vychází každý měsíc kromě července a srpna, cena za výtisk je 40 Kč včetně DPH (+ poštovné a balné). Objednávky odběru i reklamace přijímá Ing. Milan Gattringer, MG DTP, Borovanská 3388, 143 00 Praha 4, tel./fax: 241 770 220, e-mail: mgdtp@volny.cz. Odběr je možné zrušit až po vyčerpání zaplaceného předplatného. Inzerce adresujte redakci. Technická redakce a realizace: Ing. Milan Gattringer. Podávání novinových zásilek povoleno Ředitelstvím pošt Praha, č. j. NP 144/1994, ze dne 21. 10. 1994. Do sazby 9. 12. 2005. Nevyžádané rukopisy se nevracejí.

INDEX 47 755, ISSN 1210-4027

STAVEBNÍ OBZOR

ROČNÍK 15

ČÍSLO 1/2006

Vážení čtenáři a autoři,



v letošním roce zahajujeme již patnáctý ročník existence našeho časopisu, a proto bych se s vámi ráda podělila o zkušenosti z předchozích čtrnácti let. Dříve, než jsem v roce 1992 nastoupila jako jeho redaktorka, jsem dlouhá léta pracovala ve Státním nakladatelství technické literatury v knižní, posléze i časopisecké redakci. Mohu proto odpovědně říci, že vysoce odborné časopisy byly vždy dotovány státními nebo odbornými institucemi a nikdy se nepředpokládalo, že budou výdělečné. Inzerce byla samozřejmě vítaná, ale nebyl to hlavní zdroj příjmů. Když jsem pak po zániku Sentinelu, jak jsme mu s láskou říkali, v několika časopisech začínala, byl vždy problém, jak je financovat, a s tím také jejich existence většinou skončila.

Stavební obzor, ač v jeho trvání zpočátku mnozí příliš nevěřili, se však stal mým působištěm na mnoho let. Oceňuji odvahu tehdejšího vedení Fakulty stavební ČVUT, se kterou časopis založilo v době, kdy odborné časopisy šmahem zaničaly. Setkávám se občas s poznámkami, že jeho vzhled není proti ostatním periodikům příliš atraktivní, ale stejně jako nelze posuzovat člověka podle oblečení, nelze to dělat ani u časopisu. Podstatný je obsah. Takže poznámky typu, že je to časopis dobrý na „podložení skříně“, vyslovené i „odborníky“ z řad naší konkurence, nebereme. Výsledkem společného úsilí spoluvydavatelů, redakční rady, redakce a gra-

fického studia je, na rozdíl od mnoha atraktivních titulů, publikační prostor zaplněný výsledky vaší práce a užitečnými informacemi z mnoha oborů.

Do rukou se vám pravidelně dostává časopis s náročným grafickým zpracováním. V době hromadného používání výpočetní techniky, kdy každý z autorů je při editování víceméně samoukem, nám někdy působí problémy texty s matematickými výrazy. Autoři používají různé verze editoru Word a různé způsoby vkládání rovnic a symbolů do textu. Některé extenze navíc nekomunikují s grafickým programem, ve kterém se časopis láme. Abychom předešli zbytečným korekturám, pokusili jsme se inovovat pokyny pro autory článků. Dočtete se v nich, že nejlépe je se před započítím práce s matematickými vzorci poradit s grafikem, který texty zpracovává v programu Quark Xpress 6.0. U textů bez matematické sazby, kterých je většina, to není nutné. I v případě složitějších obrázků pohovor s grafikem neuškodí. Kontakt je v pokynech uveden.

Co říci na závěr? Je potěšitelné, že vznikají i projekty, které dokáží ocenit a popularizovat výsledky práce mnoha odborníků, o kterých by se dříve veřejnost nedozvěděla. Příkladem je projekt Česká hlava, který již pronikl i na televizní obrazovky, a to nejen se soutěží stejného jména, ale i se seriálem krátkých pořadů o výsledcích české vědy a techniky. I ve stavebnictví přece vznikají unikátní projekty, a proto nevěšme hlavu.

Marcela Klímová
vedoucí redaktorka

WORKSHOP 2006

20. – 24. února

ČVUT – Fakulta stavební, Thákurova 7, 166 29 Praha 6



Dynamické zatěžovací zkoušky a diagnostika betonových mostů

prof. Ing. Miroš PIRNER, DrSc., Dr. h. c.
AV ČR – ÚTAM
Praha

Cílem článku je seznámit odbornou veřejnost s novými poznatky v oboru dynamických zkoušek a v identifikaci stavu betonových mostů, zejména dálničních. Text je součástí výsledků teoretických, experimentálních a numerických postupů ověřených na realizovaných mostech, lávkách, popř. jejich modelech. Pozornost je zvláště věnována korelačním vztahům mezi dvěma stavy vyjádřenými degradací konstrukce mostu. V závěru jsou vyslovena doporučení ke změnám v ČSN 73 6209 Zatěžovací zkoušky mostů a Změna Z1.

1. Úvod

Historie dynamických zkoušek mostů je velmi krátká v porovnání s dobou, která uplynula od vzniku mostních konstrukcí pro železniční a silniční dopravu. To je dáno třemi skutečnostmi:

- obloukové kamenné mosty omezovaly vlastní robustností dynamickou odezvu na zanedbatelnou míru. Výjimku tvořily mosty visuté a zavěšené;
- neexistovaly přístroje k měření dynamické výchylky (relativní, absolutní snímače, elektrické odporové tenzometry apod.);
- neexistovala teorie dynamiky mostních konstrukcí (modální analýza, teorie náhodného kmitání atd.).

Uplynuly 164 roky od dynamické zatěžovací zkoušky řetězového mostu císaře Františka I. v Praze, který stál na místě dnešního mostu Legií [1]. Jeho celková délka byla 412,74 m, šířka mezi zábradlími 9 m. Dynamické zatížení bylo vyvoláno „150 kusy žirného skotu, každý o 6 až 8 centech váhy, hnanými přes most“.

Moderní mostní konstrukce mívají velká rozpětí a vzhledem ke kvalitním materiálům mají malou hmotnost a jsou štíhlé. Proto jsou citlivé na dynamické zatížení od dopravního proudu, popř. větru, zemětřesení atd. A proto také mohla být dynamická odezva s vývojem teorie a s vývojem počítačích strojů stále zpřesňována až k dnešnímu stavu. S výpočetními programy není dnes problém teoreticky vyřešit modální analýzu a dynamickou odezvu sebesložitější konstrukce a ověřit experimentálně její dynamickou odezvu s prahovou hodnotou výchylky 0,01 mm.

Nejpodrobněji byla dynamická odezva zkoumána u železničních mostů. Zakladatelem teorie dynamiky konstrukcí u nás je prof. Vladimír Koloušek, DrSc. První práce publikoval v roce 1942 a jeho „Dynamika stavebních konstrukcí“ [32] byla přeložena do francouzštiny, němčiny, angličtiny a

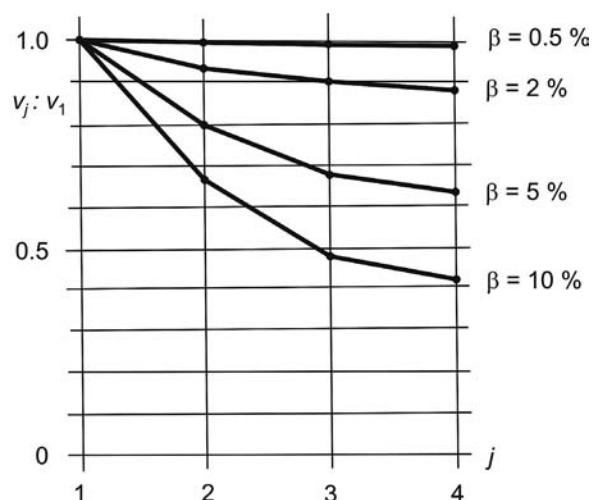
čínštiny. V současnosti v Kolouškově cestě pokračují vědci a pedagogičtí pracovníci na ČVUT a Kloknerově ústavu v Praze, na VUT v Brně, na TU v Ostravě a v ÚTAM AV ČR. V oboru, o němž pojednává tento článek, najdeme výrazné výsledky prací českých autorů [17], [18], [19], [20], [21], [22], [23], [10]. Tento příspěvek chce přiblížit odborníkům, projektantům a dalším čtenářům nové poznatky v dynamice mostních konstrukcí a lávek, získané v posledních letech v ÚTAM AV ČR.

2. Nové poznatky

Za dobu od prvních dynamických zkoušek se změnila konstrukce a materiály mostů, způsoby měření (krátkodobé a dlouhodobé) a buzení mostů, přístroje k měření odezvy (od mechanických k elektronickým), změnila se požadavky na přesnost měření a na teorii a způsob vyhodnocování.

2.1 Zkoušky mostů s velkým počtem polí

Dynamická zkouška mostu [2] obvykle porovnává jeho změřenou dynamickou odezvu s teoreticky stanovenou. V případě buzení harmonickou silou porovnává vynucené tvary kmitání a jejich příslušné frekvence s teoretickými vlastními tvary kmitání a s příslušnými vlastními frekvencemi. Diference těchto veličin posuzuje podle tabulky „mezních odchylek vlastních frekvencí“ a shoda mezi vynucenými tvary a vlastními tvary hodnotou MAC [2]. Poznámky k [2], zejména k její změně Z1 z r. 2005, jsou v oddílu 3 tohoto článku.



Obr. 1. Relativní pokles amplitud j -tého středu rozpětí spojitěho nosníku v závislosti na poměrném tlumení β [3]

Obecně vzato, není snadné dosáhnout dobré shody mezi vynucenými tvary a vlastními tvary a podobně mezi příslušnými frekvencemi u mostů s velkým počtem polí. Energie

vnášená do konstrukce se zmenšuje s rostoucí vzdáleností od místa buzení, zejména u více tlumených konstrukcí. Tato neshoda je demonstrována [3] teoretickým výpočtem vlastního a vynuceného kmitání spojitého nosníku o čtyřech polích, stálého průřezu, s volenými stupni tlumení. Buzení je harmonickou silou v krajním poli. Na *obrázku 1* je pokles amplitud středů polí *j*-tého rozpětí zmíněného nosníku při různých hodnotách tlumení β . Tentýž teoretický výpočet vynuceného kmitání dokazuje závislost poklesu frekvence za rezonance na růstu vzdálenosti od budící síly. V *tabulce 1* je amplituda středu v_1 prvního pole, kde působí harmonická síla, normalizovaná na hodnotu 1.

Tab. 1. Pokles vynucených frekvencí a vynucených amplitud ve středech polí spojitého nosníku [3]

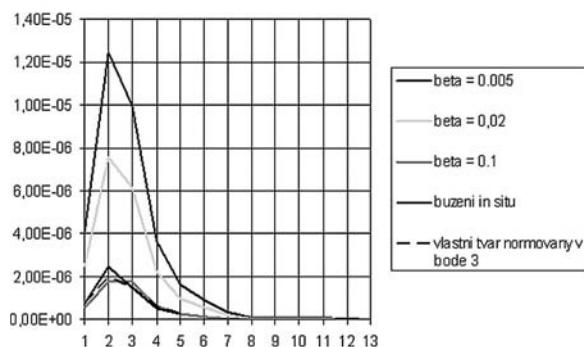
β	0,005	0,020	0,050	0,100
f_{rez}	1,9626	1,9544	1,9304	1,9071
v_1	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
v_2	0,9940	0,9310	0,7880	0,6600
v_3	0,9910	0,8920	0,6720	0,4800
v_4	0,9900	0,8770	0,6290	0,4220

Ke stanovení neshody vektorů vlastních tvarů kmitání s vektory vynucených tvarů kmitání byl použit výraz MAC [4], [5] (viz odst. 2.4.1). K vyčíslení tohoto korelačního vztahu byly použity pouze výchylky středků polí (*obr. 1*). Hodnoty MAC pro různá tlumení β jsou v *tab. 2*.

MAC	β
0,999	0,005
0,888	0,1

Tab. 2. Hodnoty MAC pro spojitý nosník o čtyřech polích

Zatímco hodnota MAC = 0,999 dokazuje výbornou korelaci, hodnota 0,888 nikoliv [5]. Zmíněnou neshodu demonstrujeme na výsledcích dynamické zkoušky estakády na přeložce silnice Chomutov–Křímov [4]; měřený levý most estakády má 13 polí a celková jeho délka je 681,3 m. V *obrázku 2* je změ-



Obr. 2. Odezva za rezonance (2,26 Hz) a vlastní tvar kmitání [3]

řená vynucená odezva na harmonickou sílu (při 2,26 Hz), působící ve třetím poli a teoreticky stanovené vlastní tvary kmitání pro různé hodnoty tlumení. V prvním až sedmém poli je zřejmá neshoda.

2.2 Frekvence a tvary kmitání vybuze­né běžným dopravním proudem

Jestliže ke zkoušení nebo diagnostice mostní konstrukce nelze použít budící zařízení (obvykle elektrodynamický, popř. hydraulický systém), lze využít běžný dopravní proud. Takové případy se vyskytnou např. na dálničních mostech, na nichž vyloučení dopravy po dobu zkoušek není možné. Odezva mostu má náhodný charakter a ke zpracování záznamů se použije např. program DASY LAB s grafickým znázorněním MATLAB. Signály z akcelerometrů na místě měření sleduje analyzátor (např. ONO SOKKI CF 3507). U komorového mostu lze měření provést uvnitř komory stejným postupem, jaký se užívá při měření odezvy na vozovce. I v tomto případě měříme při stěnách komory, aby svislá odezva mostu neobsahovala kmitání její spodní desky. Zpracované záznamy odezvy v oboru frekvencí obsahují dominantní špičky vybuze­ných frekvencí konstrukce, které jsou blízké frekvencím vlastním (viz odst. 2.1), a další frekvence, které nejsou důležité. Pokud ke zvýraznění dominantních špiček nepoužijeme metody podle odst. 2.2.1, lze je stanovit z hodnoty fázového posunu φ mezi pohyby dvou bodů; jedním z nich je obvykle referenční bod, k jehož pohybu vztahujeme pohyb bodů ostatních. Platí zásada, že ideální stav $\varphi = 0$ nebo $\varphi = 180^\circ$.

Protože zatížení je náhodné a probíhá rychle, i hodnoty φ nespĺňují ideální stav. Autor v roce 1999 zavedl třídy smluvní hodnoty přípustných a nepřípustných odchylek $\Delta\varphi$ (*tab. 3*). Jestliže se měření v některém bodě opakuje *m*-krát, pak je doporučeno použít místo $\Delta\varphi$ střední hodnoty

$$\Delta\varphi_{mean}^{(m)} = \frac{\sum_{i=1}^m |\Delta\varphi_i|}{m}, \quad (1)$$

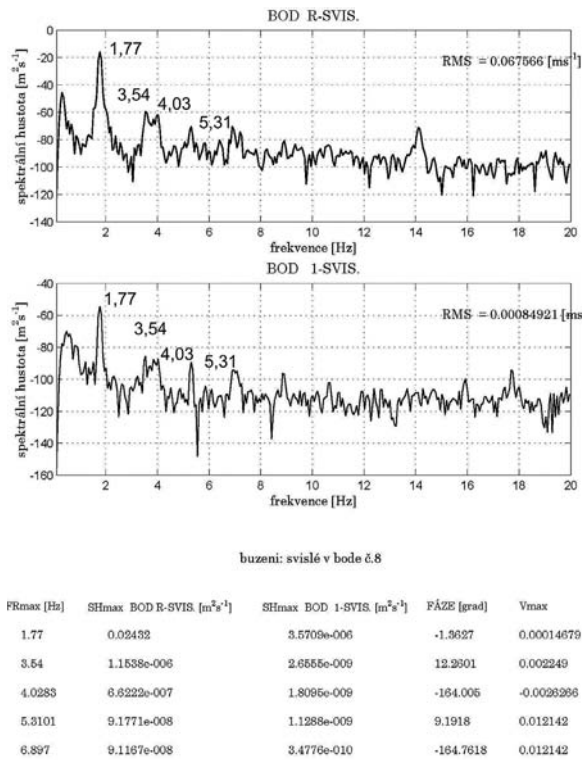
kde *m* je počet měření v daném bodě. Je možné použít další variantu, místo $\Delta\varphi_{mean}^{(m)}$ střední hodnoty

$$\sum \Delta\varphi_{mean}^{(n)} = \frac{\sum_{i=1}^n |\Delta\varphi_i|}{n}, \quad (2)$$

kde *n* je počet bodů, v nichž byla měřena odezva; *i* je měřený bod. *Tabulka 3* při použití výrazů (1) a (2) platí. Na *obrázku 3* je příklad měření odezvy v bodě 1 mostní lávky přes Radbuzu v Plzni [6] (vztahené k referenčnímu bodu *R*). U sloupce jsou vyznačeny třídy podle *tab. 3*.

Tab. 3. Třídy přesnosti vybuze­ní

$\Delta\varphi$	Třída	Poznámka
$0 \div 5^\circ$	1.	přípustné
$0 \div 15^\circ$	2.	přípustné
$16 \div 25^\circ$	3.	výjimečně přípustné
$>25^\circ$	4.	nepřípustná



Obr. 3. Příklad změřené odezvy lávky přes Radbuzu [6]

2.2.1 Zmenšení chyby ve stanovení hodnoty frekvence při buzení dopravním proudem

Při buzení mostní konstrukce dopravním proudem může dynamická odezva (např. výkonová spektrální hustota) obsahovat velmi husté špičky, které nemají zřetelné dominanty. Bogert [7] již v roce 1963 ke zvýraznění nezřetelných špiček ve výkonové spektrální hustotě použil Fourierovu transformaci (FR) logaritmu výkonové spektrální hustoty, kterou nazval cepstrum, tj.

$$C_x(\tau) = \left| FR \left\{ \log \left[F_{xx}(f) \right] \right\} \right|^2, \quad (3)$$

když platí vztah mezi autokorelační funkcí $R_{xx}(f)$ a výkonovou spektrální hustotou $F_{xx}(f)$

$$R_{xx}(\tau) = FR^{-1} \left\{ F_{xx}(f) \right\}. \quad (4)$$

Další výhodou cepstra je schopnost určit jevy způsobující periodicitu ve výkonové spektrální hustotě [26], [27].

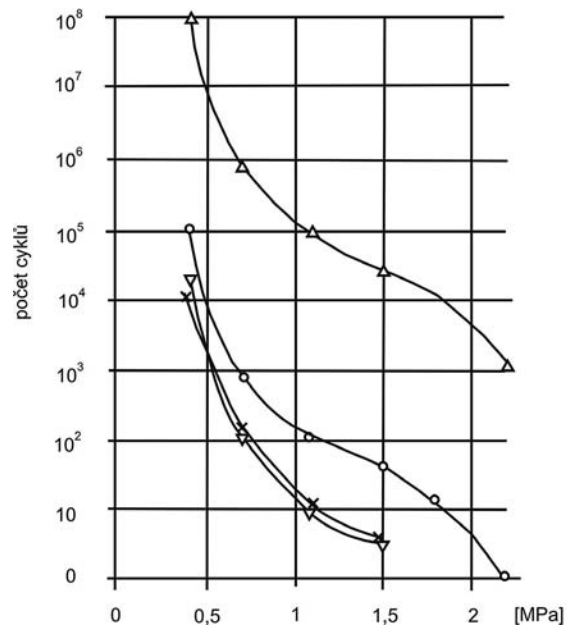
2.3 Počet a velikost rozkmitů od zatížení dopravním proudem

Dlouhodobé měření dynamické odezvy mostu zatíženého dopravním proudem je důležitým úkolem ke stanovení zbytkové životnosti nosné konstrukce. Oddělení dynamiky ÚTAM AV ČR se věnovalo sledování dálničních železobetonových mostů. Cílem bylo ověřit vynucené frekvence a příslušné tvary a dlouhodobý záznam velikosti rozkmitů a jejich počtu [29]. Uvedme dva reprezentanty:

- v km 64,005 na dálnici Praha–Brno je dvakrát dvoukomorový tenkostěnný předpjatý most o třech polích (5 400 cm, 7 500 cm, 5 400 cm). Je po rekonstrukci a jeho zatížení sleduje silniční váha zabudovaná do povrchu vozovky nad pravou komorou směru Praha–Brno. Dlouhodobým

sledováním zatížení se zabývá Ústřední laboratoř ČVUT [8];

- na dálnici Plzeň–Rozvadov přes řeku Úhlavku je dvoukomorový předpjatý most o 5 polích (celková délka 400 m); čtvrté pole, překračující Úhlavku, má výrazně proměnnou výšku.



Obr. 4. Počet cyklů napětí na spodním lici mostovky x – 12 dní (červen 1999), o – 18 dní (říjen 1999), ∇ – 26 dní (říjen + listopad 1999), Δ – extrapolace pro 50 roků

Záznamové zařízení a metodika měření i vyhodnocení jsou u obou mostů shodné. Měření počtu a velikosti dynamických amplitud bylo provedeno záznamovým zařízením RE 49/4SG-2 [9] připojeným k odporovým tenzometrům sledujícím napětí na spodním lici horní desky komory. Zařízení shromažďuje a klasifikuje amplitudy napětí do 32 tříd metodou rain-flow, která nejlépe vystihuje napětí způsobující únavu [28]. Ze zařízení se podle potřeby záznam převede na přenosný počítač, který vytiskne tabulku výsledků, případně je znázorní graficky. Zařízení nezaznamenává frekvence odezvy ani vynucené tvary kmitání, pokud je třeba, určíme jinou metodou. Na obrázku 4 je výsledek měření mostu ad 1).

2.4 Stanovení rozsahu poškození konstrukce

Modální analýza vybuzených kmitů za rezonance je jednou z metod, které se používají ke stanovení rozsahu, popř. místa, poškození (degradace) konstrukce¹⁾. V tomto odstavci je uvedeno, jak poškození ovlivňuje dynamickou odezvu konstrukce a jak lze z její změny usuzovat na míru poškození. I v opačném případě, tj. po opravě poškozené konstrukce, je zmíněná modální analýza vhodným nástrojem ke stanovení míry „návratu“ ke stavu před jejím uvedením do provozu (tzv. panenskému) nebo ke stavu předcházejícímu opravě.

2.4.1 Veličiny dynamické odezvy a jejich změny způsobené degradací

Jestliže je možné porovnat veličiny odezvy za panenského stavu s veličinami za stavu degradovaného (nebo jiného), můžeme určit stupeň degradace a přibližně lokalizovat poškození. Stupeň degradace je důležitý k měření zbytkové životnosti konstrukce za předpokladu, že historie zatížení je neměnná. Při takovém porovnávání lze aplikovat korelační

¹⁾ Poškozením se obecně rozumí zmenšení ohybové nebo jiné tuhosti způsobené jakýmkoli fyzikálním jevem. Může to být korozí měkké výtzuže, popuštěním předpjatých kabelů, chemickými vlivy, rozrušením betonu apod.

a jiné metody, uvedené dále v tomto odstavci, protože jsou plně oprávněné; koreluje totiž vynucené tvary kmitání jednoho stavu s vynucenými tvary kmitání druhého stavu, a nikoli vynucené tvary kmitání s vlastními tvary kmitání.

Korelační vztahy lze rozdělit v integrující stav celé konstrukce nebo neintegrující, které vyjadřují stav ve všech bodech nebo v měřeném bodě ²⁾. Než vyjmenujeme tyto dvě třídy, je třeba se zmínit, že i frekvence vybuzeaná za rezonance patří do třídy integrujících. Místo poškození není možné stanovit metodou integrující.

a) Korelační vztahy integrující

● Kritérium modálního ověření

(MAC – Modal Assurance Criterion)

$$MAC(\omega_j) = \frac{\left| \left\{ \mathbf{v}_{jv}^T \right\}_p \cdot \left\{ \mathbf{v}_{jd} \right\}_p \right|^2}{\left(\left\{ \mathbf{v}_{jv}^T \right\}_p \cdot \left\{ \mathbf{v}_{jv} \right\}_p \right) \left(\left\{ \mathbf{v}_{jd}^T \right\}_p \cdot \left\{ \mathbf{v}_{jd} \right\}_p \right)} = \frac{\sum_p (v_{jv}(p) v_{jd}(p))^2}{\sum_p v_{jv}^2(p) \sum_p v_{jd}^2(p)} \quad (5)$$

kde ω_j je kruhová frekvence při vybuzení v j -tém tvaru za rezonance;

index p – body, v nichž je měřena odezva;

index v – 1. stav (např. panenský);

index d – 2. stav (např. poškozený).

Pro každý j -tý tvar (j) vybuzeovaný při frekvenci ω_j výraz (5) dává jednu hodnotu pro celou konstrukci, přičemž $\{v_j\}$ je vektor výchylky při j -tém tvaru kmitání. Při 100% shodě obou stavů je $MAC = 1$, při 0% shodě je $MAC = 0$.

● Kritérium ověření frekvence odezvy (FRAC – Frequency Response Assurance Criterion) integruje v bodě p po všech budících frekvencích

$$FRAC(p) = \frac{\left| \left\{ \mathbf{R}_v(\beta\omega_j) \right\}_p \cdot \left\{ \mathbf{R}_d^T(\omega_j) \right\}_p \right|^2}{\left(\left\{ \mathbf{R}_v(\beta\omega_j) \right\}_p \cdot \left\{ \mathbf{R}_v^T(\omega_j) \right\}_p \right) \left(\left\{ \mathbf{R}_d(\beta\omega_j) \right\}_p \cdot \left\{ \mathbf{R}_d^T(\omega_j) \right\}_p \right)} \quad (6)$$

kde $\omega_j, \beta\omega_j$ je budící frekvence,
 β – součinitel volený od 0,1 do 1,
 index p – bod, v němž je měřena odezva při frekvenci ω_j ,

index v – 1. stav,

index d – 2. stav,

$\{\mathbf{R}(\omega_j)\}$ – vektor ze spektra odezvy v jednom bodě p .

Výraz (6) vyjadřuje korelaci pro každou dvojici budících frekvencí ω_j a $\beta\omega_j$. Růst hodnoty FRAC při zvětšování součinitele β je znakem dobré korelace posuzovaných stavů konstrukce.

b) Korelační vztahy neintegrující

● Kritérium ověření koordinát vymezených tvarů kmitání (COMAC – Coordinate Modal Assurance Criterion)

$$COMAC(p) = \frac{\left(\sum_j v_{jv}(p) v_{jd}(p) \right)^2}{\left(\sum_j v_{jv}(p) v_{jv}(p) \right) \left(\sum_j v_{jd}(p) v_{jd}(p) \right)} \quad (7)$$

kde $v_j(p)$ je amplituda vynuceného kmitání v bodě p při frekvenci ω_j ,

index v – 1. stav,

index d – 2. stav.

Výraz (7) dává pro každý měřený bod p jednu hodnotu; při 100% shodě obou stavů v bodě p je $COMAC = 1$, při 0% shodě $COMAC = 0$.

● Změna zakřivení vynuceného tvaru kmitání

(CAMOSUC – Change of Mode Surface Curvature)

$$CAMOSUC(p) = \left| \frac{v_{p+1,v} - 2v_{p,v} + v_{p-1,v}}{h^2} \right| - \left| \frac{v_{p+1,d} - 2v_{p,d} + v_{p-1,d}}{h^2} \right| \quad (8)$$

kde $v_{pv}, v_{p+1,v}, v_{p-1,v}$ jsou amplitudy vynuceného kmitání ve třech bodech, které spolu sousedí na jedné přímce;

h – vzdálenost bodů (konstantní);

index v – 1. stav;

index d – 2. stav.

Vzorec (8) vyjadřuje rozdíl zakřivení vybuzeného tvaru kmitání za rezonance při 1. a 2. stavu konstrukce v bodě p . Nejlepší shoda obou stavů je, když $CAMOSUC = 0$.

● Kritérium ověření vektoru odezvy (RVAC – Response Vector Assurance Criterion) integruje po všech bodech při jedné budící frekvenci

$$RVAC(\omega_j) = \frac{\left| \left\{ \mathbf{R}_v^T(\omega_j) \right\}_p \cdot \left\{ \mathbf{R}_d(\omega_j) \right\}_p \right|^2}{\left(\left\{ \mathbf{R}_v^T(\omega_j) \right\}_p \cdot \left\{ \mathbf{R}_v(\omega_j) \right\}_p \right) \left(\left\{ \mathbf{R}_d^T(\omega_j) \right\}_p \cdot \left\{ \mathbf{R}_d(\omega_j) \right\}_p \right)} \quad (9)$$

kde ω_j je kruhová frekvence při vybuzeném j -tém tvaru za rezonance;

index p – body, v nichž je měřena odezva;

index v – 1. stav;

index d – 2. stav;

$\{\mathbf{R}(\omega_j)\}$ – vektor ze spektra odezvy měřených bodů při frekvenci ω_j .

● Kritérium ověření fázového posunutí vektorů odezvy konstrukce za 1. a 2. stavu

(FDAC – Phase Deformation Assurance Criterion)

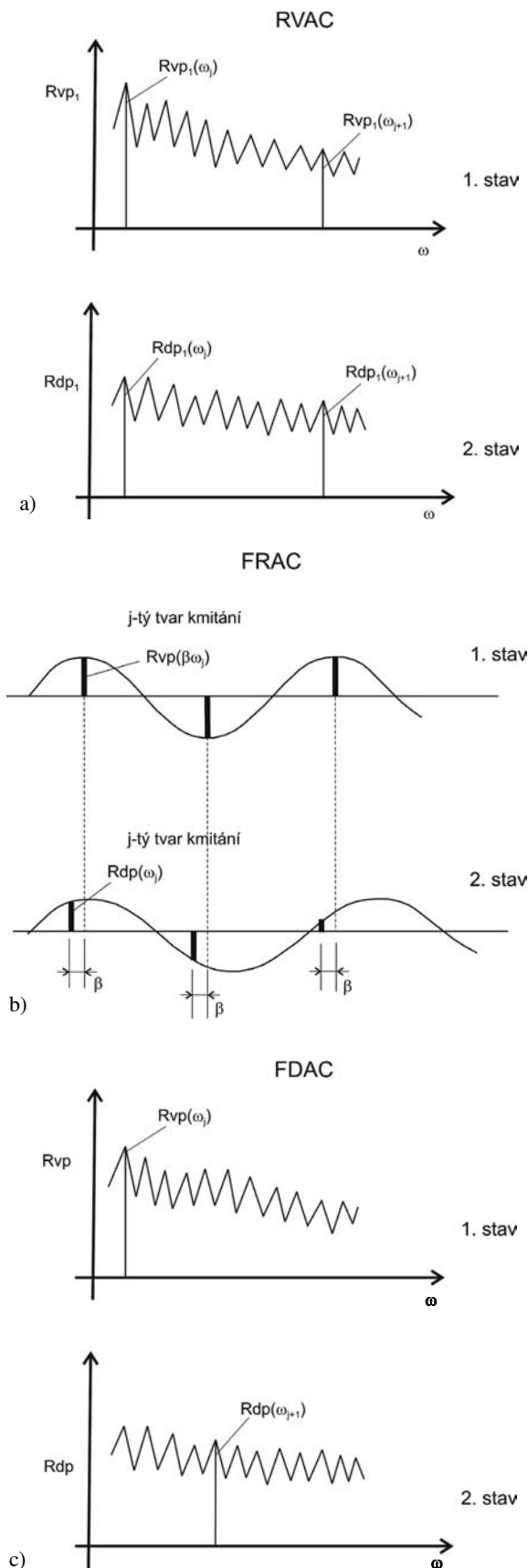
$$FDAC(\omega_1, \omega_2, p) = \frac{\left(\left\{ \mathbf{R}_v^T(\omega_1) \right\}_p \cdot \left\{ \mathbf{R}_d(\omega_2) \right\}_p \right)}{\left| \left\{ \mathbf{R}_v^T(\omega_1) \right\}_p \right| \cdot \left| \left\{ \mathbf{R}_d(\omega_2) \right\}_p \right|} \quad (10)$$

Tento výraz je varianta výrazu RVAC (9). Jeho hodnota se pohybuje mezi -1 a $+1$ a vyjadřuje deformaci tvaru kmitání konstrukce za 1. stavu vůči tvaru za 2. stavu; $FDAC = 1$ značí, že pohyby jsou ve fázi, $FDAC = -1$ značí protifázi. Pro všechny dvojice budících frekvencí ω_1, ω_2 , při nichž je konstrukce v rezonanci, výraz (10) dává jednu hodnotu pro bod p . Na obrázku 5 jsou znázorněny definice některých z metod graficky (ve všech vztazích horní index T značí transponovaný vektor). Příklady použití metod MAC, COMAC, CAMOSUC a dalších nalezne čtenář v [5].

Zde se zmíníme o dálničním mostě (dálnice D8), jehož levá část při montáži spadla z ložisek a musela být opravena injektáží. Po opravě byla provedena statická zatěžovací zkouška. Potom následovala dynamická zkouška obou částí pomocí budiče. K posouzení kvality opravy levé části byla použita metoda COMAC korelující svislou odezvu obou částí ve 2×100 bodech. Nejmenší hodnota COMAC byla vypočtena v bodě při okraji středního pole 0,95; ostatní hod-

²⁾ Některé z uvedených vztahů lze považovat za hraničící mezi integrujícími a neintegrujícími.

noty dosáhly až k úplné korelaci 1,00 [5]. Z hodnot COMAC je zřejmé, že levá konstrukce po opravě se neliší od pravé, což potvrdila i statická zatěžovací zkouška.



Obr. 5. Grafické znázornění korelačních vztahů

Na závěr tohoto odstavce je třeba zdůraznit, že dosud neexistuje dostatek zkušeností s použitím metod MAC a COMAC a dalších, podle kterých by bylo možné stanovit jejich mezní hodnoty:

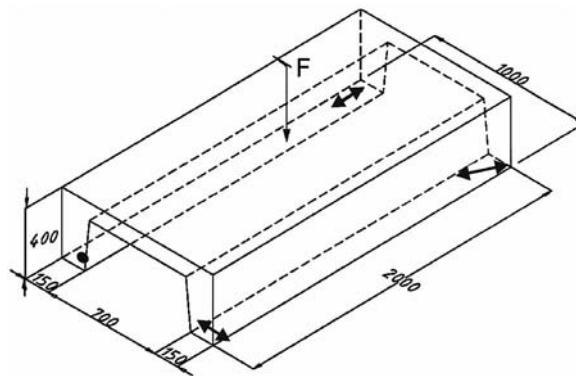
- pro panenský stav (experiment) x stav po volené době provozu (experiment),
- panenský stav (experiment) x teoreticky stanovené vynucené, popř. vlastní, tvary kmitání (teorie).

Zkušenosti je nutné získávat z výsledků pracovišť, která zatěžovací zkoušky mostů provádějí.

2.4.2 Hodnoty MAC a COMAC stanovené pomocí počtu pravděpodobnosti

Metody MAC a COMAC vyjadřují korelační vztahy amplitud pohybů konstrukce při dvou stavech (např. při panenském a po volené době provozu). Amplitudy pohybů neměříme přesně, ale s neznámou chybou, která je způsobena různými vlivy. Představme si, že v každém bodě měřená amplituda má jistou chybu $\pm 3\%$, $\pm 5\%$, $\pm 10\%$ při vybudění 1., 2. a 3. tvaru kmitání. Chyby v rozsahu hranic \pm jsou rovnoměrně rozděleny a jsou náhodné. Pak vztahy MAC (jedna hodnota pro celou konstrukci) a COMAC (pro každý měřený bod jedna hodnota) spočítáme metodou SBRA [9].

Jako příklad spočítáme hodnotu COMAC v bodě B5 desky ztužené nosníky (obr. 5, obr. 6) pro 2. a 3. tvar vynuceného kmitání. V tabulce 4 jsou hodnoty COMAC [5] pro všechny měřené body, jestliže změřené amplitudy považujeme za bezchybné. V tabulce 5 jsou hodnoty spočítané metodou SBRA pro 10^6 simulací. Na obrázku 7 je znázorněna hustota pravděpodobnosti hodnoty COMAC v bodě B5 s vyznačenými pravděpodobnostmi [11]. Zarámovaná hodnota v tab. 4 se velmi dobře shoduje s hodnotou mean v tab. 5. K ověření spolehlivosti, únosnosti, použitelnosti, výskytu poruchy pravděpodobnostním výpočtem potřebujeme mezní pravděpodobnosti P_d . I zde je zatím nutné aplikovat poznámku na konci odstavce 2.4.1.



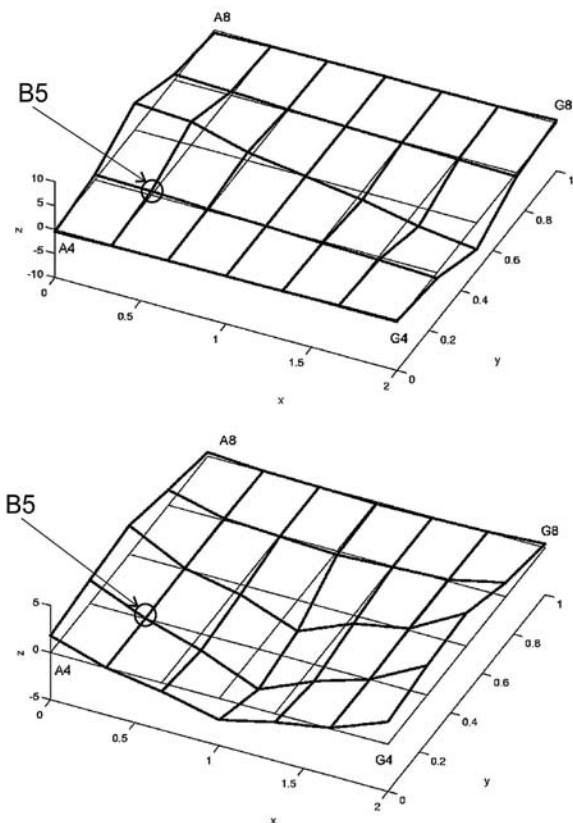
Obr. 6. Deska ztužená dvěma nosníky namáhaná na únavu – podepření a zatížení břemenem, použitým k poškození [5]

Tab. 4. Hodnoty COMAC; silně zarámovaná je hodnota v bodě B5 [5]

2. a 3. tvar						
před cyklováním a po 1 024 714 cyklech (poškozený)						
292,9688 Hz, 335,93 Hz a 214,843 Hz, 296,875 Hz						
	0,9964	0,9986	0,9999	0,9848	0,9201	
0,9255	0,9976	0,9971	0,9998	0,9615	0,9086	0,9142
0,9804	0,9999	0,994	0,9999	0,9964	0,9981	0,9545
0,8573	0,9851	0,8483	0,9998	0,8337	0,5738	0,7354
	0,9978	0,9998	0,9995	0,992	0,9958	

Tab. 5. COMAC v bodě B5 pomocí SBRA [11]

Variable	COMAC23 x 10
min	0,7581991
max	0,93307315
mean	0,85611837



Obr. 7. Vybušené tvary kmitání 2. a 3. [5]

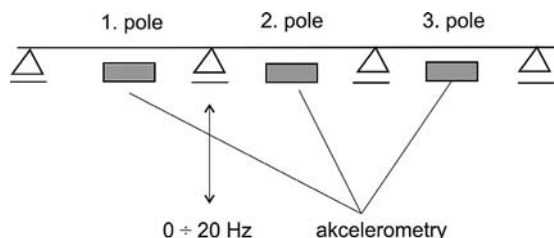
2.4.3 Jiné metody stanovení míry poškození a jeho lokalizace

Existují i jiné metody stanovení poškození dynamickou odezvou konstrukce [12], [13], [14], [24], [25], [26]. Zmíníme se o možnosti použití neuronových sítí [15]. Jejich použití lze doporučit jen pro zpracování velkého množství

vstupujících dat, případně opakujících se řešení určitého typu konstrukce. Podle zkušeností v ÚTAM může být doporučen algoritmus zpětného šíření (back propagation) použití neuronových sítí³⁾. „Architektura“ neuronové sítě (velikost skrytých vrstev) se projevív v rychlosti konvergence k přípustné velikosti rozdílu hodnoty výstupu neuronové sítě a hodnoty predikované přímým výpočtem.

Například stanovení stupně redukce ohybové tuhosti (0 až 100 %) spojitého nosníku (obr. 8) po zrychlení $a(t)$ od zemětřesení, které je zaznamenáno ve středech polí. Definujeme: bez poškození = 100 % ohybové tuhosti, když ohybové napětí $\sigma_{0h} = 7$ MPa v místě maximálního momentu; úplné poškození = 0 % ohybové tuhosti, když $\sigma_{0h} \geq 45$ MPa. Z amplitud spektra a odezvy (v oboru 0 až 20 Hz) při voleném intervalu 0,1 Hz měřených ve středech polí, při zatížení zemětřesením definovaném Fourierovým spektrem amplitud a zrychlení od zemětřesení působícího v podpoře mezi 1. a 2. polem. Doporučená neuronová síť má ve vstupní vrstvě 200 neuronů (20 x 10), ve skryté vrstvě 10 neuronů; výstupní vrstva má 3 neurony; stupeň poškození 1., 2. a 3. pole (obr. 9). Použitá aktivační funkce byla

$$f(x) = 1 / (1 + e^{-x}) \tag{11}$$

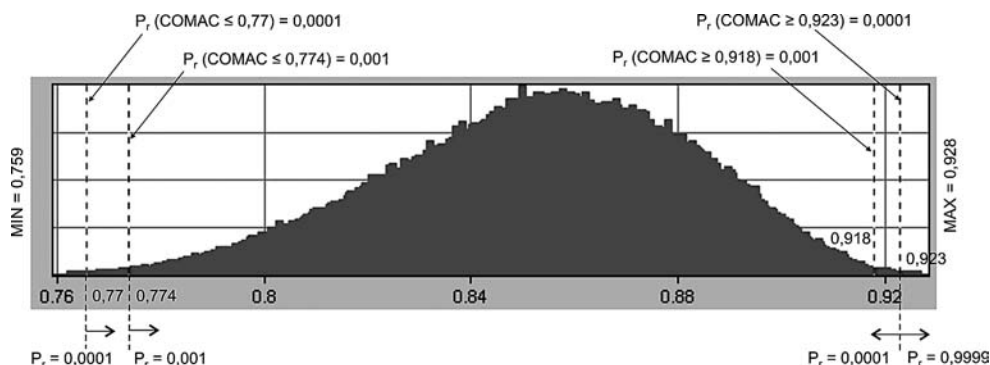


Obr. 9. Spojitý nosník zatížený vibrací v podpoře

3. Doporučení a doplnění ČSN 73 6209 a Změny Z1

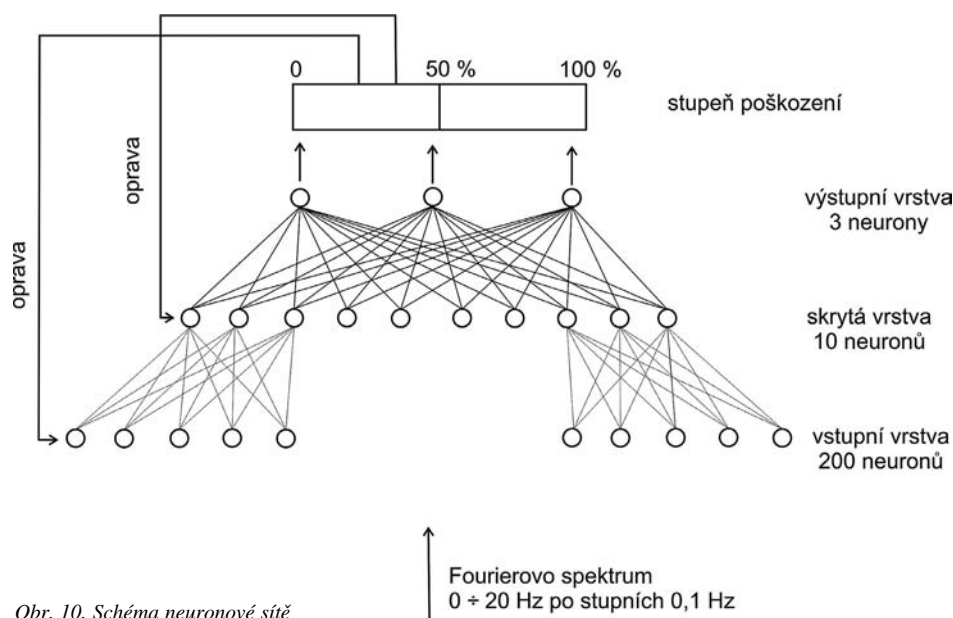
● K čl. 6.4.2 ČSN 73 6209

Přejíždění umělé nerovnosti (v předepsaném tvaru) bylo do této normy vloženo v roce 1966, protože tehdy v ČSR neexistovalo budící zařízení (kromě raketových motorů z VAAZ Brno), které by vybudilo dynamickou odezvu spolehlivě zaznamenanou tehdejšími snímači. Při dnešní úrovni experimentálního a softwarového vybavení pracovišť problém buzení a srovnání s teoretickým výpočtem byl odstraněn. Navíc přejezd vozidla přes zmíněnou překážku vyvolá zcela jinou odezvu mostu než výtlupek vozovky, s jehož existencí se dříve v diskusích argumentovalo. Proto doporučujeme překážku nepoužívat.



Obr. 8. Hustota pravděpodobnosti hodnoty COMAC v bodě B5 [11]

3) S použitím aktivační funkce tvaru sigmoidy.



Obr. 10. Schéma neuronové sítě

● K článku 7.2.1 Změny Z1

Při hodnocení dynamické odezvy mostu se mají porovnávat jeho frekvenční charakteristiky vynuceného kmitání teoreticky stanovené a experimentem zjištěné (viz odst. 2.1). Ve druhé části odst. 7.2.1 je předepsáno zahrnout do součásti základního souboru ověřovaných vlastních frekvencí i vlastní frekvence torzních kmitů. Toto zahrnutí je zbytečné u konstrukcí přímých a symetrických, které dopravní proud nenamáhá na kroucení. Tato skutečnost by měla být ve změně Z1 zmíněna.

● K článku 7.2.2 Změny Z1

Doporučuje se používat místo metody MAC metodu COMAC. Odůvodnění je v odst. 2.4 tohoto článku. Síť měřených bodů ke stanovení vybuzených tvarů to nabízí a umožňuje.

● K článku 7.2.3 Změny Z1

Tabulka 1 ve změně Z1 je příliš tolerantní, zejména pro mosty a lávky přímé a s malým počtem polí. Podle mnoha zkoušek nejnižší vlastní frekvence přísluší základnímu ohybovému tvaru kmitání. Autor tohoto článku formuloval mezní odchylky frekvencí zjištěných dynamickou zkouškou stavebních konstrukcí již v roce 1983 v ČSN 73 0044 [16]. Citovaná norma nezahrnuje dynamické zkoušky mostů, které mají většinou dobře a snadno definovatelné okrajové podmínky, na rozdíl od jiných stavebních konstrukcí, a není proto na místě dovolovat tak velké mezní odchylky pro mosty.

K článku 7.2.3 Změny Z1 ČSN 73 6209 patří poznámka ve smyslu odst. 2.1 tohoto článku. I zde hodnota $MAC \geq 0,85$ je příliš tolerantní a lze s ní souhlasit jen u např. zakřivené střednice nosníku nebo u konstrukcí složitějšího systému (např. trám s obloukem). Požadavek $MAC_{(j,m)} \geq 0,4$ $MAC_{(j,k)}$ je nepřímým důkazem, že u složitějších případů porovnávání vlastních tvarů a vynucených je principiálně nesprávné.

● K čl. 7.2.1 ČSN 73 6209

U konstrukcí, o nichž lze předpokládat, že vztah dynamické odezvy a tlumení je nelineární, a byl-li takový vztah zjištěn při zkoušce, je třeba při vyhodnocení logaritmického dekrementu útlumu zmíněný vztah uvést.

4. Závěr

Cílem článku je seznámit odbornou veřejnost s novými poznatky v oboru dynamických zkoušek mostů a lávek. Zkoušky jsou nejen nástrojem k rozhodování o správné funkci a spolehlivosti nové (dosud neprovozané) konstrukce, ale i k ověření její degradace po zvolené době provozu. Proto je potřeba intenzivně podporovat u orgánů, rozhodujících o uvedení mostů do provozu, provedení dynamické zkoušky před ním, a po jisté době ji opakovat. V ČSN 73 6209 Zatěžovací zkoušky mostů (z roku 1996) není taxativně předepsáno, kdy je nutné zkoušky provádět, jak to bylo v této normě vydané v roce 1979.

Příspěvek byl vypracován jako součást výzkumného projektu MOSD-DYN (1F45D/013/120, podporovaného MD ČR. Další podpora vyplynula z úkolů AVOZ 20710524, GA ČR 103/04/1451 a GA ČR 103/05/2066.

Literatura

- [1] Fischer, J. – Fischer, O.: Pražské mosty. Praha, Academia 1985.
- [2] ČSN 73 6209 Zatěžovací zkoušky mostů a Změna Z1. ČNI, 2005.
- [3] Fischer, O. – Pirner, M.: Modal Analysis and Analysis of Forced Vibrations of Multispan Bridges. Acta Technica CSAV, 50 (2005).
- [4] Řešitelský tým ÚTAM: Zpráva o modální analýze levého mostu estakády přeložky silnice Chomutov–Křimov. Dílčí zpráva pro MD (označení úkolu 1F 45D/013/120), 2005.
- [5] Pirner, M. – Urushadze, Sch.: Aplikace dynamické odezvy na identifikaci stavebních konstrukcí a jejich poškození. ÚTAM AV ČR, 2001.
- [6] Pirner, M. a kol.: Zpráva o dynamické zkoušce ocelové lávky přes Radbuzu v Plzni. ÚTAM AV ČR, 1999.
- [7] Bogert, B. P. – Healy, M. J. R. – Tukey, J. W.: The Quefrency Analysis of Time Series for Echoes, Proc. of Symp. on Time Series Analysis. New York, Wiley 1963.
- [8] Sýkora, J. – Polák, M.: Observing of a Bridge on the Highway after its Reconstruction. Proc. RILEM, Bratislava, 1998.
- [9] Marek, P. – Guštar, M. – Anagnos, Th.: Simulation – Based Reliability Assessment. New York, CRC Press 1996.
- [10] Baťa, M. – Plachý, V.: Analysis of Dynamic Effects on Engineering Structure. Amsterdam, Elsevier 1987.
- [11] Pirner, M. – Guštar, M.: Application of SBRA Metod in Identification of Structures. Acta Technica (v tisku).

- [12] Fischer, O.: Attempt of Identification of Cukrák TV Tower from its Measured Natural Frequencies. Proc. Conf. of Dynamics. IT AV CR, 1992.
- [13] Steenacker, G. – Guillaume, P.: Structural Health Monitoring of the Z-24 Bridge in Presence of Environmental Changes using Modal Analysis. Proc. of IMAC, USA, 2005.
- [14] Heylen, W. – Lammens, S. – Sas, P.: Modal Analysis Theory and Testing. PMA, 1997.
- [15] Šnorek, M.: Neuronové sítě a neuropočítače. Praha, Vydavatelství ČVUT 2004.
- [16] ČSN 73 0044 Dynamická zkouška stavebních konstrukcí, 1983.
- [17] Polák, M. – Sýkora, J.: Modální analýza silničního betonového mostu přes Sedlický potok. [Zpráva], projekt GA ČR č. 103/96/KO34, ČVUT, 1997.
- [18] Plachý, T. – Polák, M.: An Analysis of the Damage Dependent Changes in Dynamic Behaviour of Reinforced Concrete Slabs. Proc. of the 3rd Int. Conf. on Dynamics of Civ. Eng. and Transport Structures and Wind Eng., University of Žilina, 2005.
- [19] Studničková, M.: Dynamická zatížení lávek pro chodce a hodnocení jejich účinků. Stavební obzor, 8, 1999, č. 10, s. 292–298.
- [20] Frýba, L.: Zmenšení dynamických účinků na předpjatých mostech. Stavební obzor, 14, 2005, č. 9, s. 258–260.
- [21] Rotter, T. a kol.: Využití modální analýzy pro hodnocení mostních konstrukcí. [Zpráva], č. 803/120/112 pro MDS, ČVUT, 2004.
- [22] EUROODYN 2005, editors: Soize, C. – Schuëller, G. I. Rotterdam, Millpress 2005.
- [23] Pirner, M. – Pospíšil, S. – Urushadze, Sh.: Diagnostics of the Troja Footbridge by Means of Dynamic Response. Acta Techn. CSAV 43, 1998.
- [24] Roberts, G. P. – Athins, W. S.: Recent Advances in Long Span Bridge Dynamic Monitoring. 6th Int. Conf. „Structural Faults and Repair“, London, 1995.
- [25] Hong, K. S. – Yun, Ch. B.: Improved Method for Frequency Domain Identification of Structures. Eng. Struct., 15, No. 3, 1993.
- [26] Randall, R. B.: Application of B and K Equipment to Frequency Analysis. Brüel-Kjaer 1977.
- [27] Proc. of the 1st Int. Operational Modal Analysis Conference. Copenhagen, Brinker and Møller 2005.
- [28] Strating, J.: Fatigue and Stochastic Loadings. [Doktorská dizertace], Delft, 1973.
- [29] Pirner, M.: Long-Term Monitoring of the Response of Structures. Acta Techn. CSAV 45, 2000.
- [30] Lee, J. W. and all.: Health-Monitoring Method for Bridges under Ordinary Traffic Loadings. Journal of Sound and Vibration 257, 2002.
- [31] Heylen, W. – Lammens, S. – Sas, P.: Modal Analysis Theory and Testing. London, PMA 1995.
- [32] Koloušek, V.: Dynamika stavebních konstrukcí. Praha, SNTL 1967.

Pirner, M.: Dynamic Loading Tests and Concrete Bridge Diagnostics

This article is aimed to inform the professional community about new knowledge accumulated in the field of dynamic tests and identification of condition of concrete bridges, first of all motorway bridges. This text reflects the outcomes of theoretical, experimental and numerical procedures verified in constructed bridges, footbridges, or their models. Attention is primarily given to correlations of two states expressed by the degradation of the bridge structure. Finally, recommendations for changes to be made in ČSN 73 6209 Loading Tests of Bridges and Change Z1 are presented.

Pirner, M.: Dynamische Belastungsprüfungen und Diagnostik von Betonbrücken

Ziel des Artikels ist es, die fachliche Öffentlichkeit mit neuen Erkenntnissen im Fach der dynamischen Prüfungen und bei der Identifizierung des Zustands von Betonbrücken, insbesondere von Eisenbahnbrücken, bekannt zu machen. Der Text ist Bestandteil der Ergebnisse theoretischer, experimenteller und numerischer Verfahren an realisierten Brücken einschließlich Fußgängerbrücken bzw. an deren Modellen. Besonders wird die Aufmerksamkeit den Korrelationsbeziehungen zwischen zwei durch Zersetzung der Brückenkonstruktion ausgedrückten Zuständen gewidmet. Im Resümee werden Empfehlungen zu Änderungen in der ČSN 73 6209 Belastungsprüfungen von Brücken und der Änderung Z1 ausgesprochen.

• dizertace



Metody ochrany, údržby a čištění vnějších povrchových úprav fasád

Ing. Martin Hlava

Dizertace se zabývá problematikou znečištěných fasád budov. Navrhují se technologicky vhodné metody použitelné v praxi. Návrhy jsou ověřeny experimentálně.

Chemické a mechanické vlastnosti drátkobetonu

Ing. Nikolay Starikov

Autor zkoumá vlastnosti některých vláken používaných v drátkobetonu a optimalizuje tvar vlákna Dramix.

Bezpečnost dat v počítačových sítích

Ing. Miroslav Ludvík

Cílem bylo vytvořit obecnou metodiku zabezpečení dat uložených a zpracovávaných elektronickými médii. I když cíle bylo dosaženo jen zčásti, jde o solidní shrnutí současného stavu a krok správným směrem.

Metody hodnocení krajiny s ohledem na její ekologickou stabilitu

Ing. Adam Vokurka

Autor kriticky posuzuje současně používané metody hodnocení ekologické stability krajiny a snaží se na základě této kritiky vytvořit vlastní metodu hodnocení.

Předcházení poruchám staveb v důsledku stavební činnosti

Ing. Jiří KARAS, CSc.
RNDr. Jaromír MACHÁČEK, Ph. D.
ČVUT – Fakulta stavební
Praha

Článek se zabývá posuzováním vlivu stavebních strojů při provádění zemních prací na stavebně technický stav budov, především bytových domů, a uvádí pravidla pro jejich používání z hlediska prevence vzniku poruch a následného snížení životnosti staveb v důsledku stavební činnosti.

Úvod

Vlivem činnosti stavebních strojů na stavebně technický stav budov jsme se začali zabývat po povodni v Praze v roce 2002. Postupně byla vypracována pravidla pro jejich provoz a prevenci vzniku poruch staveb s cílem předejít snížení jejich životnosti v důsledku stavební činnosti. Popisované posuzování vlivu mechanizace při obnově inženýrských sítí se týká především bytových domů v oblasti pražského Karlína (konstrukce budov, podloží).

Konstrukce budov

Převažující část bytových domů byla postavena před 100 až 150 lety (výjimečně před 200 lety). Původní budovy o dvou nadzemních podlažích a suterénu byly postupně přestavovány se zvětšováním počtu nadzemních podlaží na čtyři až pět. Postupně byly zastavěny i vnitřní části stavebních parcel jednopodlažními až čtyřpodlažními objekty [7]. Budovy postavené v posledních osmdesáti letech na místě odstraněných staveb nejsou předmětem popisu (budovy se sloupovým konstrukčním systémem).

Domy jsou založeny na základových pásech z kamenného zdiva. Svislou nosnou konstrukci tvoří stěny z kamenného zdiva v suterénu a v přízemí (i smíšené zdivo). V horních podlažích jsou stěny ze zdiva cihelného. Stropní konstrukci nad suterénem a přízemím (u některých budov pouze ve vstupní části) tvoří klenební pásy a valené klenby (převážně). V dalších nadzemních podlažích tvoří stropní konstrukci dřevěné trámy. Tesařsky vázané krovy jsou pokryty pálenými taškami.

Na základě stavebně technického průzkumu, provedeného po povodni, byly budovy rozděleny do kategorií podle odolnosti objektu [7]:

- A – bez poruch nosné konstrukce (přístupný, obyvatelný), odpovídající podle ČSN 73 0040 [1] třídě odolnosti objektu B;
- B – s nevýraznými poruchami nosné konstrukce, které je nutné sledovat (přístupný, podmíněně obyvatelný), odpovídající podle [1] třídě odolnosti objektu A;
- C – staticky narušené, nutné statické zajištění (neobyvatelný, popř. rizikový přístup) – individuální řešení.

Inženýrsko-geologické poměry

Z podrobné inženýrsko-geologické mapy Prahy lze sledované území (vymezené ulicemi Wilsonovou a Březinovou a

dále Pobřežní a Pernerovou) stručně popsat [6]:

- mocnost pokryvných útvarů uprostřed lokality je 10 až 12 m, po obou stranách (východně i západně) se zvětšuje na 14 až 16 m. Tvoří je písčité šterky terasové úrovně IVC zakryté povodňovými náplavami jemně až středně zrnitých písků tloušťky cca 2 m. Pod Pobřežní ulicí je uveden pás pokryvných útvarů tvořený šterky a vrstvou hlinito-písčitých a písčitých holocenních náplav Vltavy s bahnitými a šterkovými polohami;
- skalní podloží tvoří bohdalecké vrstvy tmavošedé jemně slídnaté jílovité břidlice;
- navážky neověřeného složení mocnosti 2 až 4 m jsou pod Březinovou ulicí, v jejím okolí, dále je pás navážek kolmý na zájmové území pod Karlínským náměstím a kostelem, při jižním okraji pokračují navážky směrem k západnímu okraji sledovaného území. Pod Pobřežní ulicí jsou ověřené navážky mocnosti 5 až 6 m;
- hladina podzemní vody je v hloubce 4 až 6 m pod terémem.

Mechanizace a technologie pro zemní práce

Pro obnovu inženýrských sítí, tj. pro výkopy a zásypy rýh, popř. výmolů a dutin, se používají lehká rypadla a nakladače, vibrační desky, pěchy a válce. Při výběru mechanismů je třeba rozlišovat možnosti použití těžební i hutnicí techniky, zejména vzhledem k dynamickému vlivu na objekty [3]. Sortiment strojů pro zhutňování zemin je široký. U všech se snižuje vliv lidského činitele na kvalitu hutnění. Pro měření zhutňovacího účinku a pro zjednodušení obsluhy se využívají elektronické systémy. Pro následné posouzení jsou vybrány lehčí varianty hutnicích strojů.

Žádoucí je použití technologií, které by omezily práci strojů s negativním vlivem na sousední budovy (také vzhledem k technologické nekázni). V případě ohrožení objektů i malými otřesy je vhodné použití samozhutnitelných zásypů, např. popílkového stabilizátoru, což je směs popílku, vápna a energosádovce. Zhutňovací účinek statických válců je dán jejich hmotností. Pro zhutnění do hloubky 150 až 200 mm potřebují 4 až 6 pojezdů. Práce nepokračuje rychle, ale při pohybu nevznikají vibrace.

Posouzení odezvy nosné konstrukce vyvolané mechanizací

Hodnocení vlivu technických vibrací lze provést podle norem [1] a [2]. Při posuzování možného porušení konstrukce budovy se zpravidla vychází z mezních hodnot efektivní rychlosti pohybu pro určitý druh základové půdy. Ze stavebně technického průzkumu se stanoví třída odolnosti objektu¹⁾ a podle jeho účelu i třída významu objektu²⁾. Podrobnější technické parametry stavby lze získat stavebně technickým průzkumem, jehož rozsah je dán účelem a stavem objektu. Průzkum nelze omezit pouze na pasportizaci poruch stavby.

Dynamickou odezvu způsobenou technickou seizmicitou z hlediska mezních stavů 1. skupiny není třeba analyzovat,

¹⁾ třída odolnosti objektu: A – chatrné stavby neodpovídající stavebním předpisům, B – běžné cihelné stavby (bez zesílení na seizmické účinky), C – budovy z cihel na maltu cementovou, stavby montované ze železobetonových prvků

²⁾ třída významu objektu: I – budovy divadel, nemocnic, škol, II – budovy obytné, občanské, objekty pro průmyslovou výrobu

pokud efektivní rychlost pohybu na referenčním stanovišti nepřesáhne mezní hodnoty (tab. 1).

Tab. 1. Mezní hodnoty efektivní rychlosti^{a)}

Třída odolnosti objektu	v_{ef} [mm.s ⁻¹]	
	třída významu objektu [2]	
	I.	II.
A	0,4	0,7
B	0,6	1
C	1,5	2

^{a)} podle [1], tab. 8

Posouzení stavebně technických podmínek

Praha–Karlín, říjen 2002

■ Zatřídění exponovaných objektů

Základním kritériem úrovně odezvy objektů jako reakce na dynamická zatížení průmyslovou seizmicitou je v souladu se zněním odst. 5.4.1 normy [1] rychlost kmitání. Podle něj, dále podle odst. 5.4.2 (tab. 8, tab. 9) citované normy a podle odd. 5 normy [2] byly zařazeny exponované objekty podle třídy odolnosti a podle třídy významu objektů v členění podle kap. 2.1 a 4.1. Tomu odpovídá maximální přípustná efektivní rychlost pro třídu významu II:

- 1,0 mm/s pro objekty kat. B,
- 0,7 mm/s pro objekty kat. A,
- 0,2 mm/s pro individuálně hodnocené objekty (kat. I).

■ Podmínky ovlivňující pracovní vzdálenost strojů

Hladina podzemní vody se za obvyklých podmínek ve vymezené oblasti Karlína nachází v hloubce cca 4 m pod terémem, tedy blízko úrovně základových spár podsklepených objektů. Po odeznění povodňových podmínek (odvodnění podzákladí s postupným poklesem hladiny podzemní vody na obvyklou úroveň) zde dochází k objemovým změnám. Tyto změny mohou být vlivem sufózních jevů značně nerovnoměrné a dynamická přitížení v průběhu zhutňování by je mohla nebezpečně urychlit. Rizikové budou tedy hlavně vertikální složky kmitání v úrovni základových spár objektů.

Podle technické dokumentace, která byla při zpracování podmínek k dispozici, negeneruje žádný z hodnocených mechanismů frekvence nižší než 20 Hz. Takové hodnoty mohou být však krátkodobě generovány při spouštění a ukončení činnosti.

Tab. 2. Minimální přípustná vzdálenost mechanismů k exponovaným objektům

Zařízení	Budicí síla [kN]	L_{min} [m]			
		kat. B	kat. A	kat. I	
vibrační desky	WEBER VB 35	9	2	2,6	9
	WACKER VP 1550R, 1550W	15	3	4,2	15
	WEBER VC 18F	18	3,6	5	17,5
	WEBER RC 48-2, 48R-2, 60-2	25,5	4,9	7	24,5
	WEBER 52 S	38	7,4	10,5	37
	WEBER TC 60-2	48	9,5	13,5	48
	WEBER 70 S	68	13,4	19	66
vibrační pěchy	WACKER BS 500	12	2,4	3,4	12
	WACKER BS 700	15	3	4,2	15
	WEBER SRx80D	20,2	4	5,7	20
vibrační válce	WEBER LS 15-3	20	4	5,6	19,5
	WEBER LS 20	36	7	10	35
frézy na asfalt a beton			bez omezení		

■ Minimální přípustná vzdálenost strojů

Stanovení minimální přípustné vzdálenosti konkrétního mechanismu má vycházet ze znění normy [1], která obecně zatížení stavebních objektů průmyslovou seizmicitou a jejich odezvu řeší. Ustanovení odst. 5.4.4 (resp. tab. 10) a odst. 5.4.5 (resp. tab. 11) ovšem nepřihlížejí k individuálním technickým odlišnostem mezi zdroji průmyslové seizmicity a nereflktují podrobněji stavební stav konkrétních objektů [7]. Experimentální stanovení podmínek pro práce doprovázené technickou seizmicitou se připouští a z těchto pozic bylo k výpočtu minimálních přípustných vzdáleností přistoupeno. Výpočet vychází ze vztahu mezi rychlostí kmitání v , hutnicím mechanismem generovanou kinetickou energií E , empiricky určenou konstantou K a vzdáleností od místa hutnění L ve tvaru

$$v = K \frac{E^n}{L}$$

experimentálně získaného Wissem [11], Heckmanem a Haggertym [9] a doporučovaného také Greenem [8] při zatížení periodickým buzením.

Vztah byl upraven pro specifické poměry v povodni zasažené oblasti Karlína a na základě měření [4], [5] v analogických podmínkách maninské (IVa, IVb) terasy do výpočtu zaveden ve tvaru

$$L_{min} = 0,21 \frac{E^{0,98}}{v}$$

Minimální přípustná vzdálenost L_{min} byla pro každý stroj vypočtena tak, aby na referenčním stanovišti (tj. v základové spáře objektu) nepřesáhla vertikální složka rychlosti kmitání maximální přípustné hodnoty.

Jak z jednoduchosti a tvaru výpočetního vztahu vyplývá, nebyl vzhledem ke vstupním podmínkám v zájmu bezpečnosti uvažován specifický vliv vícevrstvého geologického prostředí (navážky, sedimenty říční terasy) a absorpce v tomto prostředí. Výpočet akceptuje výhradně rozptyl (disipaci) mechanismy generované kinetické energie šířící se geologickým prostředím ve formě objemového pružného vlnění. Minimální přípustnou pracovní vzdálenost k exponovaným stavebním objektům pro stavební mechanismy uvádí tab. 2. Hodnoty L_{min} jsou nejkratší horizontální vzdálenosti místa seizmicity generující činnosti od vnějšího líce obvodového zdiva objektu. Použitelnost deklarovaných hodnot je jednoznačně podmíněna sledováním odezvy limitujících objektů v průběhu provozního stavu mechanismu (např. periodic-

kým sledováním sádrového terče na charakteristické trhlíně ve zdivu pracovníkem prováděcí organizace, s časovým intervalem 30 minut).

Seizmické účinky jednotlivých stavebních mechanismů jsou diferencovány podle výrobci deklarovaných budících (zpravidla odstředivých) sil. U stavebních mechanismů, které nejsou uvedeny v *tab. 2*, lze minimální vzdálenost od exponovaných objektů určit porovnáním podle budících sil, avšak výhradně v případech, kdy není pochyb o tom, že nemohou generovat významné amplitudy na frekvencích poblíže některé z vlastních rezonančních frekvencí těchto objektů (zejména v rozmezí 1 až 5 Hz).

Pro konstrukčně lehká rypadla a nakladače lze připustit minimální pracovní vzdálenost 2 m u objektů kategorie B, 3 m od objektů kat. A a 9 m od objektů kat. I za předpokladu, že nezpůsobí rozkmitání objektu na některé z vlastních rezonančních frekvencí (např. v interakci s kompaktními objekty větší hmotnosti v navážkách). Při práci ve vzdálenostech kratších je podmínkou periodické sledování odezvy exponovaného objektu.

Při pojezdu plně naložených nákladních vozidel po nerovnostech vozovek je třeba vzít v úvahu dynamické spolupůsobení přední a zadní nápravy, při němž jsou generovány velmi nebezpečné frekvence blízké vlastním rezonančním frekvencím exponovaných objektů. Proto je doporučeno omezit rychlost pojezdu v blízkosti objektů kategorie I na 10 km/h, protože kritické rozmezí rychlosti pro obvyklý rozvor náprav (3,5 m) těchto vozidel je 11 až 38 km/h. Generovaná kinetická energie roste s rychlostí pojezdu, s tíhou pohybujících se hmot a s amplitudou nerovností pojezdové plochy.

V těsné blízkosti objektů (zejména se statickými poruchami) je provádění hlubších rýh nebezpečné. V tomto případě by měly být zeminy v podzákladí zajištěny, aby případné následky nebyly přičítány dynamickým účinkům hloubení nebo hutnění.

Je-li z hlediska provozních potřeb nezbytná práce s průmyslovou seizmicitu produkujícím mechanismem ve vzdálenostech kratších, než jsou uvedeny v *tab. 2*, je třeba stanovit podmínky pro takovou činnost experimentálně pro geologické poměry v místě stavební činnosti, provést dynamický výpočet stavební konstrukce a posoudit únosnost konstrukce s přihlédnutím k cyklickému zatížení. Seizmické účinky jednotlivých mechanismů se experimentálně ověřují jak z hlediska generovaných amplitud a rychlostí, tak z hlediska frekvenčního spektra.

Po odeznění povodňových projevů je periodické sledování změn stavebního stavu okolních objektů v průběhu dynamického zhutňování znamenitou diagnostickou příle-

žitostí; výsledky mohou vést k operativní rekvalifikaci v zařazení objektů.

Závěr

Pro předcházení vzniku poruch a zajištění spolehlivosti a trvanlivosti stavebních konstrukcí byla pro vybrané stavební mechanismy, které jsou zdrojem technické seizmicity, stanovena minimální vzájemná vzdálenost od posuzované konstrukce.

Příspěvek byl zpracován za podpory prostředků z výzkumného záměru č. 1 MSM 6840770001 "Spolehlivost, optimalizace a trvanlivost stavebních materiálů a konstrukcí."

Literatura

- [1] ČSN 73 0040 Zatížení stavebních objektů technickou seizmicitou a jejich odezva. ČSN, 1996.
- [2] ČSN 73 0031 Spolehlivost stavebních konstrukcí a základových púd. ČSN, 1988.
- [3] Seznam mechanizace používané při obnově inženýrských sítí společností PSV, a. s., a Pražskou plynárenskou, a. s.
- [4] Měření seizmických účinků tramvajové dopravy na narušené domy Komunardů 35 a 37 v Praze 7. [Zpráva], INSET, Praha, 2002.
- [5] Měření seizmických účinků tramvajové dopravy a vibračních desek na stavební objekt v Praze, Na Poříčí 17 – pouze pracovní výsledky měření. INSET, Praha, 2002.
- [6] Podrobná inženýrsko-geologická mapa Prahy. Praha, PŮDIS/GEOINDUSTRIA 1970.
- [7] Witzany, J. – Hruška, A. – Karas, J. – Macháček, J. – Rezek, A. – Svoboda, P.: Vliv stavební mechanizace při provádění zemních prací na stavební technický stav nosné konstrukce objektů po povodni v Karlíně v Praze 8. [Zpráva], Fakulta stavební ČVUT, 2002, 12 s.
- [8] Green, R. A.: Energy-Based Evaluation and Remediation of Liquefiable Soils. Ph. D. [Thesis], Blacksburg, Virginia Polytechnic Institute and State University, 2001.
- [9] Heckman, W. S. – Hagerty, J. M.: Vibrations Associated with Pile Driving. Journal of the Construction Division, 104(CO4), 1978, pp. 385–394.
- [10] Pirner, M.: Dynamika stavebních konstrukcí. Technický průvodce, sv. 33. Praha, SNTL 1989, 488 s.
- [11] Wiss, J. F.: Damage Effects of Pile Driving Vibration. Highway Research Record, No. 155, Washington, D.C., Highway Research Board, 1967, pp. 14–20.

Karas, J. – Macháček, J.: Preventing Structural Failures as a Result of Construction Activities

This article seeks to assesses the effect of construction machines used in earth works on the structural and technical condition of buildings, primarily residential houses. Further, it presents the rules of their exploitation given the prevention of failure generation and the subsequent life cycle reduction of constructions resulting from building activities.

Karas, J. – Macháček, J.: Vorbeugung vor Bauschäden infolge von Bautätigkeit

Der Artikel befasst sich mit der Beurteilung des Einflusses von Baumaschinen bei der Durchführung von Erdarbeiten auf den bautechnischen Zustand von Gebäuden, insbesondere von Wohnhäusern, und führt Regeln für ihren Einsatz vom Gesichtspunkt der Vorbeugung von Schäden und der nachfolgenden Herabsetzung der Lebensdauer der Bauten infolge der Bautätigkeit an.

Pokrok v technologii stanovení součinitele difúze radonu v hydroizolacích

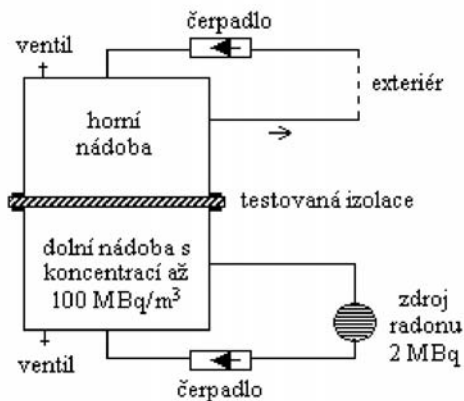
Ing. Rudolf MIKULA
doc. Ing. Martin JIRÁNEK, CSc.
ČVUT – Fakulta stavební
Praha

Článek rekapituluje současné postupy měření součinitele difúze radonu v hydroizolačních materiálech a upozorňuje na oblasti jejich použitelnosti. Uvedeno je rovněž matematické pozadí objasňující výpočet součinitele difúze radonu ze změřených údajů. Podrobně je popsáno nové zařízení sloužící ke stanovení součinitele difúze radonu v závislosti na teplotě prostředí, což umožní optimalizovat návrh izolace spodní stavby.

Úvod

Součinitel difúze radonu je základní materiálová charakteristika, která popisuje rychlost transportu radonu daným materiálem. Jeho prostřednictvím lze určit, jaké množství radonu projde materiálem za určitý časový úsek, a je proto vhodnou veličinou k posouzení, zda je hydroizolace vstupu radonu z podlahy do staveb schopna účinně bránit. Podle ČSN 73 0601 [6] musí být tento součinitel stanoven u všech hydroizolací, které mají plnit současně funkci protiradonové izolace.

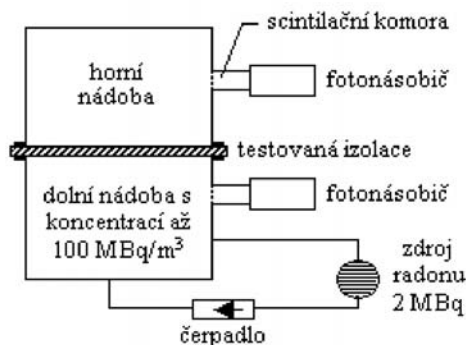
Měřením součinitele difúze radonu se v Evropě v rámci různých výzkumných projektů zabývá pět laboratoří – University of Cantabria (Španělsko), KVI (Nizozemí), SP Swedish National Testing and Research Institute (Švédsko), University des Saarlandes (SRN) a Fakulta stavební ČVUT. Pro potřeby stavební praxe však slouží pouze pracoviště ve Švédsku a na Katedře konstrukcí pozemních staveb FSv ČVUT v Praze. Protože v rámci EU neexistuje pro stanovení tohoto parametru jednotná metodika, měří každá z laboratoří vlastním postupem. Doposud se nepodařilo zorganizovat ani srovnávací měření, takže není možné posoudit, jak jsou jednotlivé národní metodiky spolehlivé.



Obr. 1. Schéma měřicího zařízení pro stanovení součinitele difúze radonu za rovnovážných podmínek (ventily slouží k odběru vzorků vzduchu do Lucasových komor)

Současné postupy měření

Princip stanovení součinitele difúze radonu v hydroizolačních materiálech je pro všechny národní postupy obdobný [1], [4], [5]. Zkoumaný materiál je, pokud možno, plynově umístěn mezi dvě měřicí nádoby (obr. 1, obr. 2).



Obr. 2. Schéma měřicího zařízení pro stanovení součinitele difúze radonu v nestacionárním stavu

V dolní je pomocí radonového zdroje udržována vysoká koncentrace kolem 1 až 100 MBq/m³. Radon difunduje izolací do horní nádoby, kde je detekován. Ze známé rychlosti přísunu do horní nádoby, plochy zkoumaného vzorku a jeho tloušťky je pak možné vypočítat vlastní součinitel difúze radonu. Jednotlivé postupy se liší zejména způsobem stanovení koncentrace radonu a rozdílným okamžikem, v němž je započato měření nárůstu koncentrace v horní nádobě. Koncentrace radonu bývá stanovována:

a) v obou nádobách na základě kvantitativního odběru vzorků vzduchu do Lucasových komor [1], vyhodnocovaných v detekčním přístroji zcela nezávislém na měřicím zařízení (obr. 1). Tento postup je vhodný pro měřicí nádoby o objemu alespoň 1 litr, aby bylo zaručeno, že po odebrání vzorků vzduchu nedojde k narušení rovnováhy. Výhodou je, že jedním přístrojem se může současně měřit více zkušebních vzorků. Uvědomíme-li si, že měření jednoho vzorku trvá cca 14 dní, je to výhoda podstatná, zejména měříme-li pro potřeby stavební praxe. Pro každý izolační materiál je totiž potřeba proměřit 4 až 6 vzorků, a to za situace, kdy všichni výrobci a dodavatelé izolací zpravidla velmi spěchají. Nevýhodou je větší pracnost při ručním odběru vzorků vzduchu a poněkud větší nejistota stanovení nižších koncentrací radonu v horní nádobě;

b) v obou měřicích nádobách prostřednictvím scintilačních komor pevně spojených s příslušnou nádobou a vybavených vlastním fotonásobičem [4] (alternativně může být použit i jiný způsob detekce, např. ionizační komora v proudovém režimu, obr. 2). Výhodou je, že odpadá manuální pracnost, zmenšuje se riziko chyb při odběru a přenosu vzorků vzduchu a zvyšuje se přesnost měření zejména v horní nádobě. Nevýhodou jsou vysoké pořizovací náklady měřicího přístroje. Toto uspořádání měřicí aparatury se proto hodí zejména pro výzkumné účely, kdy není potřeba zkoumat větší množství vzorků v krátkém čase. Kdybychom

všechny vzorky potřebné k certifikaci izolačního materiálu měly proměřovat na jednom přístroji, trvalo by to minimálně dva až tři měsíce, nebo bychom museli mít více přístrojů, což by však zkoušku neúměrně prodražilo;

c) ve spodní nádobě prostřednictvím odběru vzorků vzduchu do Lucasových komor a v horní nádobě pomocí zabudovaného detektoru (např. scintilační komory s fotonásobičem). Jde tedy o kombinaci výše uvedených postupů vedoucí ke snížení ceny měřicí aparatury a zajištění vysoké přesnosti detekce radonu v horní nádobě.

Koncentrace radonu se může měřit v horní nádobě buď bezprostředně po vpuštění radonu do dolní nádoby (obr. 2), nebo až po určité době, kdy se distribuce radonu v tloušťce vzorku ustálí. V prvním případě bude emise radonu z povrchu izolace do horní nádoby časově proměnná, ve druhém konstantní. Doba potřebná k ustavení konstantní emise se nazývá relaxační doba a je vyjádřena vztahem (3). Po celou tuto dobu je třeba v horní nádobě udržovat nulovou koncentraci radonu, nebo alespoň zanedbatelně nízkou, v porovnání s koncentracemi očekávanými v horní nádobě po zahájení měření. Splnění této podmínky se standardně zajišťuje nuceným odvětráním horní nádoby venkovním vzduchem vyznačujícím se velmi nízkou koncentrací radonu do cca 5 Bq/m³ (obr. 1). Po ustavení rovnováhy (uplynutí relaxační doby) se ventilace vypne, horní nádoba se uzavře a zjistí se v ní nárůst koncentrace radonu.

Matematické pozadí

Matematické řešení difúze radonu izolací závisí na tom, zda měření koncentrace probíhá v nestacionárním režimu, nebo v režimu rovnovážném. Je-li zahájeno bezprostředně po vpuštění radonu do dolní nádoby, probíhá v nestacionárním stavu popsáném v jednorozměrném případě rovnicí

$$\frac{\partial C_{(x,t)}}{\partial t} = D \cdot \frac{\partial^2 C_{(x,t)}}{\partial x^2} - \lambda \cdot C_{(x,t)}, \quad (1)$$

kde D je součinitel difúze radonu [m²/s],
 λ – rozpadová konstanta radonu [2,1·10⁻⁶s⁻¹],
 $C_{(x,t)}$ – koncentrace radonu [Bq/m³],
 t – čas [s].

Je-li měření nárůstu koncentrace radonu v horní nádobě započato až po ustálení rovnovážného stavu, tj. v době, kdy je emise radonu z izolace do horní nádoby konstantní, lze vyjít z rovnice

$$D \cdot \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} - \lambda \cdot C = 0. \quad (2)$$

Na FSv ČVUT používáme měření v rovnovážném stavu [1], [2], [3], a proto je dále popsán výpočet součinitele difúze D jen na základě řešení rovnice (2). K vytvoření rovnovážného stavu v systému dojde po uplynutí doby relaxace [1], dané vztahem

$$t_{rel} = \frac{1}{D \cdot (l^{-2} + \pi^2 \cdot d^{-2})}, \quad (3)$$

kde l je difúzní délka radonu v izolaci $l = (D/\lambda)^{1/2}$ [m] a d je tloušťka izolace [m].

Řešením rovnice (2) pro případ průchodu radonu materiálem tloušťky d , na jehož jedné straně je koncentrace rado-

nu C_0 a na druhé straně nulová koncentrace

$$C_{(x)} = C_0 \cdot \frac{e^{-(x-d)/l} - e^{(x-d)/l}}{e^{d/l} - e^{-d/l}}, \quad (4)$$

kde C_0 je koncentrace radonu v dolní nádobě pod izolací [Bq/m³], $C_{(x)}$ koncentrace radonu v materiálu ve vzdálenosti x od povrchu, kde je koncentrace radonu C_0 [Bq/m³].

Difúzní tok z povrchu materiálu je pak dán vztahem

$$J_{(d)} = -D \cdot \frac{dC_{(x)}}{dx} = \frac{2 \cdot C_0 \cdot l \cdot \lambda}{e^{d/l} - e^{-d/l}}. \quad (5)$$

Nárůst koncentrace radonu v horní nádobě nad izolací lze popsat rovnicí

$$C_{(t)} = \frac{J \cdot S}{V \cdot k} \cdot (1 - e^{-k \cdot t}), \quad (6)$$

resp. v lineární aproximaci

$$C_{(t)} = \frac{J \cdot S}{V} \cdot t, \quad (7)$$

kde $C_{(t)}$ je koncentrace radonu v horní nádobě v čase t [Bq/m³],
 J – difúzní tok radonu z izolace do horní nádoby [Bq/m²s],
 S – plocha vzorku [m²],
 V – objem horní nádoby [m³],
 k – koeficient úniku vzduchu z horní nádoby [s⁻¹],
 t – čas [s].

Ze sady naměřených hodnot koncentrace radonu C_i v prostoru nad izolací, známého objemu V a plochy vzorku S , se podle vztahu (7) vypočte difúzní tok J zkoumanou vrstvou materiálu. Z difúzního toku J a ze známé tloušťky materiálu d lze z rovnice (5) vypočítat neznámou difúzní délku l , a konečně i součinitel difúze radonu $D = l^2 \cdot \lambda$.

Nová měřicí aparatura

Ani jeden z dosud běžně používaných a výše popsaných postupů neumožňuje stanovit závislost součinitele difúze na teplotě. U některých izolačních materiálů byla tato teplotní závislost pozorována [4] a vzhledem k tomu, že byly zjištěny poměrně významné rozdíly v součiniteli i pro teplotní diferenci pouhých 10 °C, měl by být tento jev jistě podrobněji prozkoumán. Hovoří pro to i skutečnost, že součinitele difúze radonu se běžně stanovují při laboratorních teplotách 22 ± 2 °C, což jsou teploty o minimálně 15 °C vyšší, než kterým jsou hydroizolace spodní stavby v zimě vystaveny. Z těchto důvodů vzniklo ve spolupráci FSv ČVUT a Státního ústavu radiační ochrany nové měřicí zařízení, které je schopno teplotní závislost stanovit.

Popis zařízení

Je konstruováno tak, aby umožnilo měření součinitele difúze radonu v teplotním intervalu od -10 °C do +35 °C. Při jeho návrhu bylo nutné vyřešit mnoho technických problémů pramenících z poklesu teploty až k -10 °C. Předně bylo třeba ověřit, zda v důsledku opakovaného střídání záporných a kladných teplot nevzniknou v ochranném plášti radonového zdroje netěsnosti. Protože ani výrobce nebyl schopen v uvažovaném teplotním intervalu zaručit těsnost, provedli jsme laboratorní zkoušky, při nichž byly vzorky materiálu pláště vystaveny cyklickému teplotnímu namáhá-

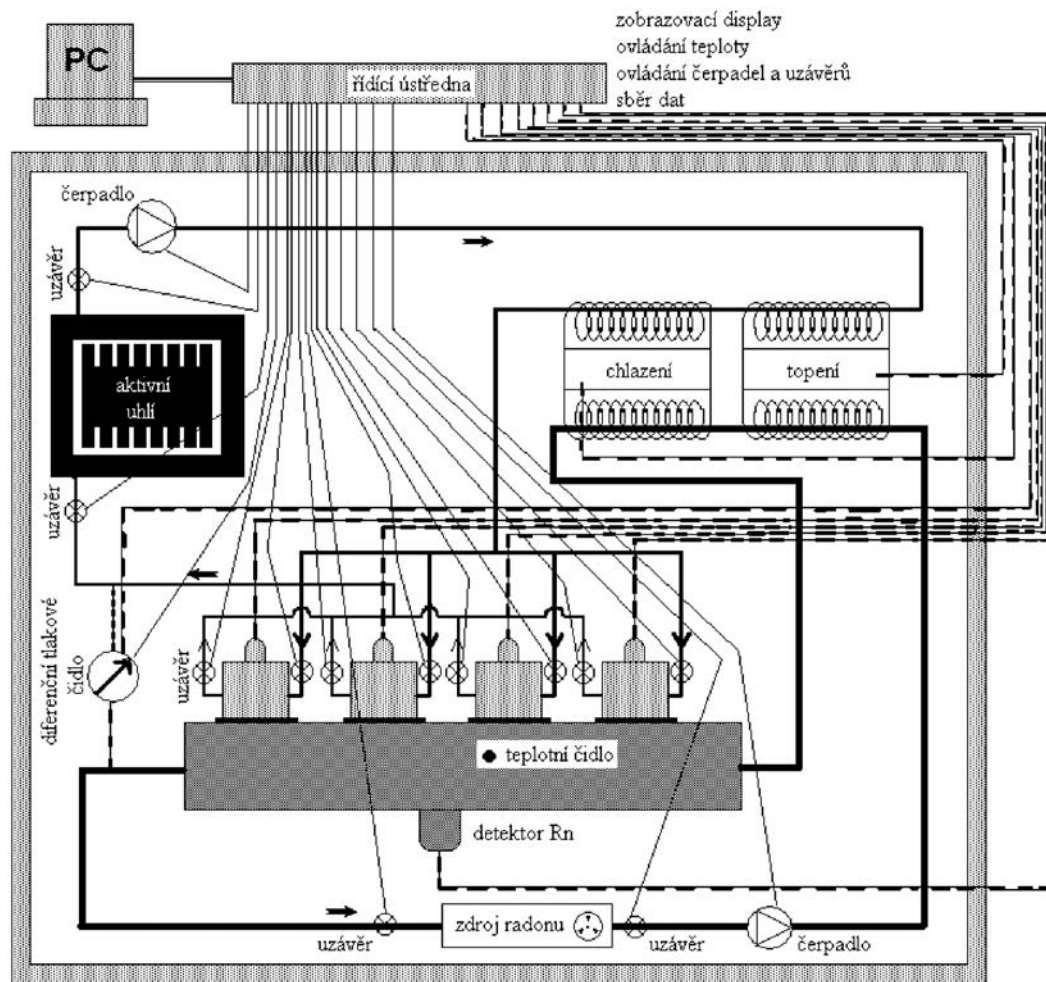
ní. Po 100 zahřívacích cyklech až na teplotu 50 °C a 50 zmrazovacích cyklech k teplotě -20 °C následná mikroskopická prohlídka povrchu materiálu neodhalila žádné poškození, které by narušilo těsnost a bezpečnost zdroje.

Další komplikace spočívala ve skutečnosti, že při nízkých teplotách měření nelze horní nádobu větrat teplejším venkovním vzduchem, protože by v systému masivně kondenzoval a následně zmraznutí kondenzátu by vedlo k jeho poruchám (ucpání spojovacích hadic ledem, jejich popraskání atd.). Závažnost problému je zřejmá, uvědomíme-li si, že za průměrnou relaxační dobu cca 10 dní, rozdílu teplot 20 °C a při množství větracího vzduchu 0,3 m³/h by v systému mohl zkondenzovat přibližně 1 litr vody. Bylo proto

cujičím na principu ionizační komory v proudovém režimu se vzduchem jako pracovním plynem a s pracovním napětím řádově stovek voltů.

Zařízení obsahuje dva uzavřené vzduchové okruhy – spodní, který propojuje dolní nádobu s radonovým zdrojem, a horní, v němž vzduch cirkuluje mezi horními nádobami a filtrem s aktivním uhlím. Filtrační náplň je rovnoměrně rozdělena do několika zásuvek, aby nemusel být vyjímán celý obsah o hmotnosti 50 kg najednou. Veškeré propojovací trubičky jsou kovové se svařovanými spoji, čímž je minimalizován únik radonu z okruhů. Uzávěry jsou ovládané elektricky.

Celé zařízení je osazeno do tepelně izolovaného boxu,



Obr. 3. Schéma nového zařízení pro měření součinitele difúze radonu v hydroizolacích

nezbytné hledat způsob, jak udržet v průběhu relaxační doby v horním okruhu nízkou koncentraci radonu bez možnosti ventilace vnějším vzduchem. Jako výsledné řešení byla vybrána filtrace vzduchu v uzavřeném horním okruhu přes aktivní uhlí. Podrobným výpočtem zohledňujícím množství cirkulujícího vzduchu, délku relaxační doby, rychlost průniku radonu do horního okruhu a účinnost zachytu radonu na aktivním uhlí bylo stanoveno, že na jednu zkoušku je zapotřebí cca 50 kg aktivního uhlí. Jeho použití pro další zkoušku je podmíněno desorpací, např. průplachem čistým vzduchem.

Podstatných změn doznaly i měřicí nádoby, které jsou vyrobeny z nerezového plechu. Dolní byla zvětšena, aby na ní mohly být osazeny čtyři horní nádoby (obr. 3). Dosáhne se tak efektivnějšího měření, neboť v jednom cyklu mohou být proměřeny až čtyři vzorky izolačního materiálu. Každá nádoba je osazena nově vyvinutým detektorem radonu pra-

v němž je pomocí výměníku chlazení a topné spirály udržována potřebná teplota. Vně boxu se nachází pouze řídicí a záznamová jednotka s displejem pro zobrazení naměřených hodnot. V jednotce se shromažďují data z detektorů radonu, údaje o teplotě vzduchu v systému a rozdílu tlaku vzduchu mezi oběma okruhy. Jednotka porovnává aktuální teplotu v systému s nastavenou teplotou a podle potřeby ovládá výměník chlazení nebo topení. V závislosti na tlakové diferencii mezi okruhy je řízen výkon čerpadel nebo jsou nastavovány regulační ventily tak, aby izolace nebyla vystavena tlakovému rozdílu. Zjištěná data jsou ukládána v časové řadě v takovém formátu, aby mohla být následně zpracována v libovolném tabulkovém procesoru. Přenos dat z řídicí jednotky do počítače je přes rozhraní RS 232. Po celou dobu měřicího cyklu tedy není nutné izolovaný box otevírat, čímž je vyloučeno narušení teplotní rovnováhy.

Postup měření

Po osazení vzorků na dno horních nádob se box uzavře a na řídicí jednotce se nastaví potřebná teplota. Nastává první fáze měřicího cyklu, jejíž délka odpovídá relaxační době. Všechny ventily jsou otevřené, obě čerpadla pracují, v horním i dolním okruhu cirkuluje vzduch. Veškeré procesy jsou pod kontrolou řídicí jednotky, obsluha není přítomna. V intervalu cca 6 hodin je ve všech komorách monitorována koncentrace radonu. O stavu vybočujícím z nastavených intervalů je obsluha informována rozsvícením kontrolky (např. vysoká koncentrace v některé z horních nádob může svědčit o porušení celistvosti vzorku).

Po uplynutí relaxační doby nastává druhá fáze měřicího cyklu, která již vyžaduje přítomnost obsluhy. V horním okruhu se vypne čerpadlo, ventily na vstupu a výstupu z každé horní komory se uzavřou, a současně s tím začíná měření nárůstu koncentrace radonu v horních nádobách. V této fázi je koncentrace monitorována v minutových intervalech. Po proměření celé růstové křivky je postup ukončen. Nyní je možné box otevřít, vyměnit izolaci a aktivní uhlí.

Závěr

Vytvořením nového měřicího zařízení jsme získali nástroj, který není dosud k dispozici v žádném z evropských států. Jeho přínosem je schopnost stanovit změny součini-

tele difúze radonu v závislosti na času a teplotě. Tím je umožněna optimalizace návrhu izolace spodní stavby proti vodě a radonu se zřetelem ke spolehlivosti a trvanlivosti.

Práce byly uskutečněny s podporou výzkumného záměru MSM 6840770001 „Spolehlivost, optimalizace a trvanlivost stavebních materiálů a konstrukcí.“

Literatura

- [1] Hůlka, J. – Jiránek, M.: Metodika stanovení součinitele difúze radonu v izolačních materiálech K124/02/95. Státní ústav radiační ochrany/ČVUT Praha, 1997.
- [2] Jiránek, M. – Hůlka, J.: Applicability of Various Insulating Materials for Radon Barriers. In: The Science of the Total Environment 272 (2001), pp. 79–84.
- [3] Jiránek, M. – Hůlka, J.: Radon Diffusion Coefficient in Radon-proof Membranes – Determination and Applicability for the Design of Radon Barriers. Architectural Science, Vol. 1, 2000, No. 4, pp. 149–155.
- [4] Spoel, W. H.: Radon Transport in Sand: a Laboratory Study. TU Eindhoven, 1998.
- [5] Fernández, P. L. – Quindós, L. S. – Sainz, C. – Gómez, J.: A Theoretical Approach to the Measurement of Radon Diffusion and Adsorption Coefficients in Radonproof Membranes. Nucl. Instr. and Meth. in Phys. Res. B, 2003.
- [6] ČSN 73 0601 Ochrana staveb proti radonu z podloží. ČSNI, 2000.

Mikula, R. – Jiránek, M.: Progress in Technology of Determination of Radon Diffusion Coefficient in Hydroinsulations

This paper reviews the current procedures for radon diffusion coefficient measurement in hydroinsulation materials and highlights their exploitation. Also, the mathematical background clarifying the radon diffusion coefficient calculation from the measured data is presented. A new measuring device applied in radon diffusion coefficient determination depending on the ambient temperature is described in detail. It will facilitate optimization of the design of insulation of the substructure.

Mikula, R. – Jiránek, M.: Ein Fortschritt bei der Technologie der Bestimmung des Diffusionskoeffizienten von Radon in Abdichtungen gegen Wasser

Der Artikel rekapituliert die gegenwärtigen Verfahren zur Messung des Diffusionskoeffizienten von Radon in wasserabdichtenden Materialien und weist auf die Bereiche ihrer Brauchbarkeit hin. Es wird ebenfalls der mathematische Hintergrund angeführt, durch den die Berechnung des Diffusionskoeffizienten von Radon aus den gemessenen Angaben aufgeklärt wird. Es wird ausführlich eine neue Messvorrichtung beschrieben, die zur Bestimmung des Diffusionskoeffizienten von Radon in Abhängigkeit von der Umgebungstemperatur dient, was es ermöglicht, die Planung der Abdichtungen des Unterbaus zu optimieren.

Ústav teoretické a aplikované mechaniky Akademie věd ČR

pořádá

7. konferenci Evropské komise “SAUVEUR”

Zachráněné kulturní dědictví – záruka porozumění a života v rozšířené Evropě

31. května – 3. června 2006, Reprezentační prostory Pražského hradu

Cílem konference je konsolidace a zhodnocení dopadů výsledků evropských výzkumných projektů v oblasti movitého a nemovitého kulturního dědictví. Konference bude speciálně změřena na využití výsledků výzkumu kulturního dědictví a pro-
věření ochoty uživatelů, malých a středních podniků, vlastníků, manažerů, restaurátorů a konzervátorů kulturního dědictví akceptovat nové technologie a nové trvale udržitelné přístupy k ochraně památek.

www.arcchip.cz/ec-conference

Vliv vysokých teplot na vlastnosti kompozitních materiálů se struskovým pojivem – I. část

Ing. Lucie ZUDA
prof. Ing. Robert ČERNÝ, DrSc.
ČVUT – Fakulta stavební, Praha

prof. RNDr. Pavla ROVNANÍKOVÁ, CSc.
Ing. Patrik BAYER, Ph. D.
VUT – Fakulta stavební, Brno

V článku je prezentováno měření tepelných vlastností materiálu na bázi alkalicky aktivované strusky za vysokých teplot. Studovanými veličinami jsou součinitel teplotní vodivosti, měrná tepelná kapacita, součinitel tepelné vodivosti a součinitel teplotní délkové roztažnosti. Všechny tyto parametry jsou určeny v rozmezí od laboratorní teploty do 1 200 °C.

- měrná tepelná kapacita – 3 vzorky 71 x 71 x 71 mm;
- součinitel teplotní délkové roztažnosti – 2 vzorky 40 x 40 x 100 mm.

Výsledky měření mechanických vlastností (pevnost v tlaku, v tahu za ohybu) budou uvedeny ve druhé části článku.

Tab. 1. Chemické složení strusky [%]

SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	MnO	Cl-	Na ₂ O	K ₂ O	SO ₃
38,6	0,52	7,22	38,77	12,9	0,5	0,06	0,21	0,38	0,36

Tab. 2. Jemnost mletí strusky

Zbytek na sítu [% hm.]		Měrný povrch [m ² /kg]
0,045 mm	0,09 mm	
12,4	1,9	392

Tab. 3. Složení směsi pro výrobu vzorků

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

Úvod

Nově zaváděné materiály, často s využitím druhotných surovin, činí stavební průmysl méně závislým na přírodních surovinách. Pro speciální použití se vyvíjejí nové materiály, žádané jsou materiály „šité na míru“ pro konkrétní aplikace. Jednou z možností rozšíření stavebního sortimentu o druhy materiálů, které v mnohých směrech předčí portlandský cement, je využití alkalicky aktivovaných strusek [1], jejichž předností by měla být značná odolnost vůči vysokým teplotám.

Stanovení vlivu vysokých teplot na tepelné parametry alkalicky aktivovaných strusek má význam zejména pro zjištění vhodnosti jejich použití ve speciálních podmínkách (na stěny tunelů, šachet atd.). Během životnosti stavební konstrukce mohou nastat nestandardní situace, kdy je znalost těchto parametrů užitečná, např. při zasažení konstrukce požárem. Materiál na bázi alkalicky aktivované strusky může v tomto případě sloužit jako ochranná či tepelně izolační vrstva. V článku jsou stanoveny základní tepelné parametry materiálu na bázi alkalicky aktivované strusky v širokém teplotním rozmezí do 1 200 °C.

Materiály a vzorky

Vzorky byly vyrobeny z jemně mleté strusky od firmy Kotouč Štramberk, spol. s r. o. (tab. 1, tab. 2). Alkalický aktivátor byl připraven z roztoku vodního skla. Silikát SiO₂ PORTIL-A dodala španělská firma Cognis Iberia, s. l., písek firma Filtreační písky, s. r. o., Dubá. Písek druhů PG1, PG2, PG3 je normalizovaný podle EN 196-1. Nejprve bylo nutné smístit silikát s vodou do roztoku, a poté ho zamíchat do homogenizované směsi strusky s pískem (tab. 3). Aby se předešlo tvorbě pórů, plnily se formy jen do dvou třetin, po ztuhnutí vibrováním po dobu 3 s se doplnily do požadované výšky a směs se opět ztuhla. Za 24 hodin se vzorky z forem vyjmuly a uložily na dalších 27 dní do vodní lázně. Pro měření byly použity:

- součinitel teplotní vodivosti – 3 vzorky 71 x 71 x 71 mm se zabudovaným teplotním senzorem složeným z 6 termočlánků chromel-alumel podél osy vzorku;

Experimentální metody

■ **Součinitel teplotní vodivosti** byl určen metodou dvojnásobné integrace na základě naměřených teplotních profilů při jednostranném ohřevu [2]. Tato metoda je založena na aplikaci inverzní úlohy vedení tepla, která vychází z rovnice vedení tepla

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(a \frac{\partial T}{\partial x} \right). \quad (1)$$

Při řešení inverzní úlohy 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. Využijeme-li tohoto faktu, pak integrací rovnice vedení tepla (1) podle x a t dostaneme

$$\int_{t_1}^{t_2} \int_{x_0(\tau, t)}^{x_0(\tau, t)} \frac{\partial T}{\partial t}(x, t) dx dt = a(\tau) \int_{t_1}^{t_2} \frac{\partial T}{\partial x}(x_0(\tau, t), t) dt + \int_{t_1}^{t_2} \frac{q(0, t)}{\rho(\tau)c(\tau)} dt \quad (2)$$

a odtud po řadě algebraických úprav [2] součinitel teplotní vodivosti v závislosti na teplotě

$$a(\tau) = \frac{1}{\int_{t_1}^{t_2} \frac{\partial T}{\partial x}(x_0(\tau, t)) dt} \left(\int_0^{x_0(\tau, t_2)} T(x, t_2) dx - \int_0^{x_0(\tau, t_1)} T(x, t_1) dx - \tau [x_0(\tau, t_2) - x_0(\tau, t_1)] - \int_0^{x_0(\tau, t_2)} [T(x, t_2) - T(x, t_1)] dx \right). \quad (3)$$

Určení teplotních profilů ve vzorku, potřebných pro aplikaci řešení inverzní úlohy vedení tepla ve tvaru (3), je založeno na využití speciálně upravené pece (obr. 1). Vzorek je v kontaktu s vnitřním prostředím pouze jedním čelem. Boční strany jsou tepelně izolovány, čímž je zajištěno jednorozměrné vedení tepla. Dvoje plná dvířka udržují v peci konstantní teplotu. Měřený vzorek se vloží do otvoru jedné dvířek a podél stěn se utěsní tepelně izolačním materiálem. Po vyteperování pece na požadovanou teplotu se dvířka vymění a vzorek se vystaví jednostrannému ohřevu. Teplotní senzory podél osy vzorku (termočlánky chromel-alumel) pomocí měřicí jednotky a počítače zaznamenávají teplotní pole. Pro výpočet součinitele teplotní vodivosti a $[\text{m}^2\text{s}^{-1}]$ je vybrána sada 8 až 10 křivek $T(x, t_i)$.



Obr. 1. Pec pro měření součinitele teplotní vodivosti

■ **Měrná tepelná kapacita** c $[\text{Jkg}^{-1}\text{K}^{-1}]$ byla určována v závislosti na teplotě pomocí neadiabatického směšovacího kalorimetru (obr. 2) s kalibrovanými tepelnými ztrátami [3]. Do přístroje naplněného vodou se vhodí vzorek ohřátý na požadovanou teplotu. Známe-li počáteční a konečnou teplotu vody po vyrovnání v kalorimetru včetně oprav na tepelné



Obr. 2. Neadiabatický směšovací kalorimetr

ztráty, získáme hodnotu změny entalpie vzhledem k jisté referenční hodnotě. Sada měření pro různé teplotní zatěžovací stavy vzorku poskytne entalpii odpovídající příslušným teplotám. Tyto hodnoty můžeme pak vynést do grafické závislosti entalpie h $[\text{Jkg}^{-1}]$ jako funkce teploty T $[\text{K}]$. Regresní analýzou této bodové zadané funkce získáme spojitou funkci $h(T)$ a podle definičního vztahu pro měrnou tepelnou kapacitu

$$c(T) = \frac{\partial h}{\partial T} \quad (4)$$

dostaneme funkci $c(T)$ jako první derivaci analyticky vyjádřené spojité funkce entalpie h podle teploty T .

■ **Součinitel tepelné vodivosti** λ $[\text{Wm}^{-1}\text{K}^{-1}]$ byl pro každou teplotu určen na základě znalosti měrné tepelné kapacity c $[\text{Jkg}^{-1}\text{K}^{-1}]$, hustoty materiálu ρ $[\text{kgm}^{-3}]$ a součinitele teplotní vodivosti a $[\text{m}^2\text{s}^{-1}]$ podle rovnice

$$\lambda = a \cdot c \cdot \rho. \quad (5)$$

■ Teplotní roztažností materiálu rozumíme změnu rozměru tělesa z něho zhotoveného se změnou teploty za stálého tlaku [4]. Podle toho, zda uvažujeme změnu délkových rozměrů, mluvíme o roztažnosti délkové, nebo objemu, potom o roztažnosti objemové. Obvykle je **součinitel teplotní délkové roztažnosti** α $[\text{K}^{-1}]$ definován pomocí vztahu

$$dl = l_0 \cdot \alpha \cdot dT, \quad (6)$$

kde l_0 $[\text{m}]$ je počáteční délka vzorku při teplotě T_0 $[\text{K}]$, dl $[\text{m}]$ je prodloužení vzorku při změně teploty o dT $[\text{K}]$.

Pro měření součinitele délkové teplotní roztažnosti porézních materiálů za vysokých teplot byla vyvinuta experimentální metoda [5] založená na komparativním principu. Základem zařízení je speciálně upravená pec (obr. 3) s válcovým otvorem pro vložení materiálu z horní strany. Konstrukce umožňuje měřit současně dva vzorky ve svislé poloze vedle sebe. Ze středu kónického víka jsou vyvedeny čtyři termočlánky různé délky, směřující do středu pece. Další dva termočlánky uvnitř pece sledují teplotu v její dolní a horní



Obr. 3. Pec pro měření teplotní délkové roztažnosti

části. Všechny šest termočlánků je napojeno na záznamovou jednotku. Ve víku pece jsou dva úzké otvory, jimiž prochází dvě identické keramické tyčinky k detekci délkových změn v prostoru mimo pec. Údaje digitálních úchytkoměrů s přesností ± 1 μm průběžně registruje záznamová jednotka.

Navržený princip měření teplotní délkové roztažnosti je založen na sledování dvou různých materiálů současně. Jedním z nich je standardní materiál, což znamená, že známe průběh α v závislosti na teplotě. U druhého materiálu tuto závislost zjišťujeme. Teplotní pole v peci není homogenní, protože dochází k tepelným ztrátám u stěn a víka pece. Proto se pro výpočet α uvažuje průměrná teplota vypočtená na základě údajů z termočlánků. Za vhodný standardní materiál je možno považovat nekorodující a teplotně stálé kovy se známým průběhem teplotní délkové roztažnosti. Vzhledem k parametrům pece je nejvhodnějším tvarem vzorku váleček \varnothing 2 až 3 cm a délce 10 až 12 cm. Měření probíhá v rozsahu od T_o do T . Pec je spuštěna při běžné teplotě T_o . V této chvíli má vzorek počáteční délku l_o . Teplota v peci se nechá ustálit na T a na měřicím zařízení se odečítá hodnota Δl , udávající celkový přírůstek délky vzorku a tyčinky. Její odečítání trvá do ustálení hodnoty. Ustálená hodnota se bere pro výpočet α pro danou teplotu T_i měřeného materiálu. Pro výpočet součinitele teplotní délkové roztažnosti za vysokých teplot je rovnice (6) upravena podle metody měření [5] do tvaru

$$\Delta l(T_i) = \Delta l_m(T_i) - \Delta l_s(T_i) + l_{o,s} \int_{T_o}^{T_i} \alpha_s(T) dT. \quad (7)$$

V rovnici (7) jsou Δl_m , Δl_s konečné délkové změny studovaného materiálu a standardu, $l_{o,s}$ je počáteční délka standardu a α_s je známý součinitel teplotní délkové roztažnosti pro standard. Odpovídající hodnota pro relativní prodloužení může být vyjádřena tvarem

$$\varepsilon(T_i) = \frac{\Delta l(T_i)}{l_{o,m}}, \quad (8)$$

kde $l_{o,m}$ je počáteční délka měřeného materiálu. Součinitel teplotní délkové roztažnosti je pak určen na základě relativního prodloužení podle vztahu

$$\alpha(T) = \frac{d\varepsilon(T)}{dT}. \quad (9)$$

Při laboratorním stanovení součinitele teplotní délkové roztažnosti za vysokých teplot byl vzorek na počátku měření vystaven vlivu prostředí s teplotou cca 25 °C, relativní vlhkosti okolo 50 %. Dále byl postupně zatěžován na vyšší teplotu a na tomto stavu zůstal po dobu 5 hodin, kdy se předpokládalo ustálení.

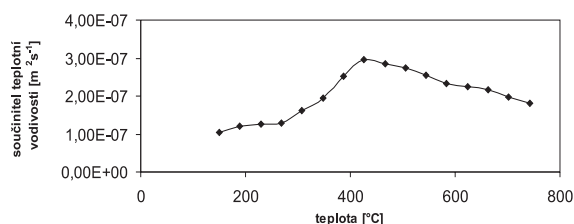
Výsledky a diskuse

V tabulce 4 jsou uvedeny hodnoty objemové hmotnosti ρ a otevřené pórovitosti v závislosti na teplotě, určené běžnou termogravimetrickou metodou a v případě pórovitosti po-

Tab. 4. Objemová hmotnost a otevřená pórovitost v závislosti na teplotě

Zatěžovací stav [°C]	25	200	400	600	800	1 000	1 200
Objemová hmotnost [kgm ⁻³]	2 167	2 104	2 166	2 078	2 035	2 046	2 050
Otevřená pórovitost [m ³ m ⁻³]	0,18	0,22	0,17	0,22	0,24	0,24	0,23

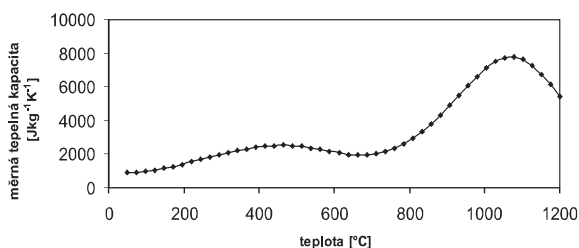
mocí vakuové nasákavosti. Je zřejmé, že pórovitost významně roste mezi 400 a 600 °C a dosáhne maxima na 800 °C. Na obrázku 4 je uvedena závislost součinitele teplotní vodivosti na teplotě.



Obr. 4. Součinitel teplotní vodivosti v závislosti na teplotě

Je zřejmé, že součinitel teplotní vodivosti se nejprve zvýší zhruba na trojnásobek mezi 150 a 400 °C, pak nastane pokles. Pravděpodobným důvodem je, že použitá metoda měření je dynamická, a tedy naměřený součinitel není klasickým součinitelem teplotní vodivosti definovaným pouze pomocí vedení tepla, ale zobecněným součinitelem, který zahrnuje jednak vliv proudění a záření, jednak energetické vlivy chemických reakcí probíhajících v materiálu za vyšších teplot. V daném případě tak jeho zvýšení může souviset se zvýšením pórovitosti v teplotním rozsahu 25 až 600 °C (tab. 4). Vzhledem k existenci významných teplotních gradientů ve vzorku součinitel teplotní vodivosti, určený metodou dvojné integrace na základě teplotních profilů, zřejmě nezahrnuje jen vedení, ale částečně i přenos tepla prouděním a zářením, které se zvýšením teploty, a zejména gradientu teploty, nabývají na významu. Se zvětšením pórovitosti se zvětšuje prostor, kde se může proudění a záření uplatnit, a tedy i jejich relativní význam. Podstatným faktorem pro zvýšení součinitele teplotní vodivosti v uvedeném teplotním rozsahu mohou být i chemické reakce, které pravděpodobně jsou důvodem zvýšení pórovitosti.

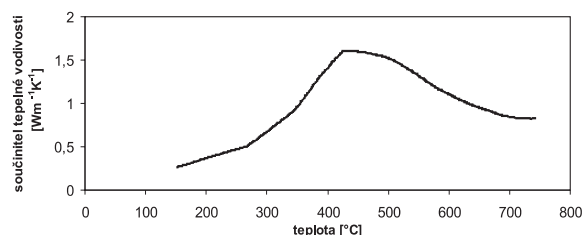
Z obrázku 5, znázorňujícího závislost měrné tepelné kapacity na teplotě, je zřejmé, že funkce $c(T)$ dosahuje prvního lokálního maxima mezi 400 až 500 °C, což odpovídá výsledkům součinitele teplotní vodivosti na obr. 4, ale po mírném poklesu kolem 700 °C začne velmi rychle růst až do 1 100 °C. Hodnoty v maximu kolem 1 100 °C jsou ovšem tak vysoké, že nemůže jít o klasickou měrnou tepelnou kapacitu. Entalpie, na jejímž základě byla měrná tepelná kapacita stanovena, tedy zřejmě zahrnuje nejen běžný nárůst tepelné energie v materiálu s teplotou, ale též reakční teplo procesů v materiálu.



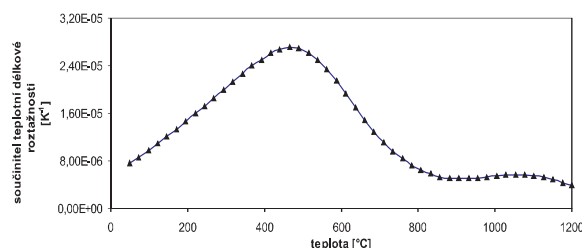
Obr. 5. Měrná tepelná kapacita v závislosti na teplotě

Na obrázku 6 je znázorněn průběh součinitele tepelné vodivosti v závislosti na teplotě, vypočítaný na základě součinitele teplotní vodivosti, měrné tepelné kapacity a objemové hmotnosti. Je zřejmé, že funkce $\lambda(T)$ v podstatě sleduje průběh funkce $a(T)$. Výsledky měření součinitele teplotní délkové roztažnosti α jsou patrné z obr. 7. Největšího nárůs-

tu dosahuje mezi 400 a 600 °C, což koresponduje se změnami otevřené pórovitosti a do jisté míry i se změnami součinitele teplotní vodivosti a měrné tepelné kapacity. Poté dochází k náhlému poklesu α až do 800 °C a další průběh je již téměř konstantní. V rozmezí 400 až 800 °C tedy dochází zřejmě k nejvýraznějším změnám struktury.

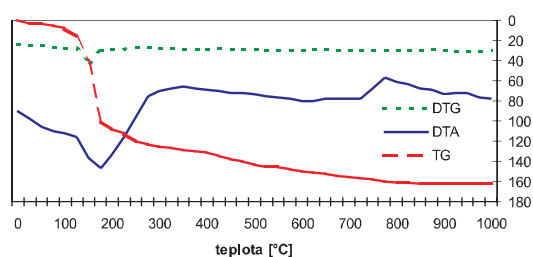


Obr. 6. Součinitel tepelné vodivosti v závislosti na teplotě



Obr. 7. Součinitel teplotní délkové roztažnosti v závislosti na teplotě

Výsledky analýzy závislosti tepelných parametrů na teplotě jsou shrnuty na obr. 8 a zřejmě korespondují poměrně dobře s výsledky měření tepelných parametrů. Exotermický vrchol DTA křivky kolem 800 °C odpovídá počátku velmi rychlého nárůstu měrné tepelné kapacity na obr. 5. Tento vrchol je způsoben krystalizací akermanitu. Značná ztráta hmotnosti na křivce TG v teplotním rozmezí 100 až 200 °C koresponduje se zvýšením součinitele teplotní vodivosti na obr. 4. Tato ztráta je způsobena rozkladem gelů CSH a odstraněním vody z reakčních produktů.



Obr. 8. Výsledky tepelné analýzy

Závěr

V článku byla analyzována měrná tepelná kapacita, součinitel teplotní délkové roztažnosti a součinitele teplotní a tepelné vodivosti kompozitního materiálu na bázi alkalicky aktivované strusky. Měření probíhalo za vysokých teplot do 1 200 °C. Výsledky experimentů ukázaly, že materiál má dobrý potenciál v oblasti ochrany konstrukce před působením vysokých teplot. Součinitele teplotní i tepelné vodivosti materiálu při zvýšení teploty nad 400 °C klesají podobně jako součinitel teplotní délkové roztažnosti, jehož pokles

začíná zhruba na 500 °C. To je pro stavební materiál namáhaný vysokými teplotami pozitivní jev. Tepelná analýza prokázala též velmi dobrou odolnost proti působení vysokých teplot. Úbytek hmotnosti byl velmi nízký pro teploty vyšší než 300 °C, a téměř zanedbatelný pro teploty vyšší než 800 °C. To je další z důvodů, proč tento materiál zasluží důkladnější zkoumání se zaměřením na možnosti průmyslového využití.

Článek vznikl za podpory projektu č. 103/04/0139 GA ČR.

Literatura

- [1] Douglas, E. – Brandštetr, J.: A Preliminary Study on the Alkali Activation of Ground Granulated Blast-Furnace Slag. Cement and Concrete Research, 20, 1990, pp. 746–756.
- [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, Porto 1995, pp. 299–308.
- [3] Toman, J. – Černý, R.: High Temperature Measurement of the Specific Heat of Building Materials. High Temperatures-High Pressures, 25, 1994, pp. 643–647.
- [4] Horák Z.: Praktická fyzika. Praha, SNTL 1958.
- [5] Toman, J. – Koudelová, P. – Černý, R.: A Measuring Method for the Determination of Linear Thermal Expansion of Porous Materials at High Temperatures. High Temp.-High Press., 31, 1999, pp. 595–600.

Zuda, L. – Černý, R. – Rovnaníková, P. – Bayer, P.: Thermal Properties of a Composite Material on the Basis of Alkali Activated Slag at High Temperatures

This paper presents measurement of thermal properties of a composite material on the basis of alkali activated slag at high temperatures. Thermal diffusivity, specific heat capacity, thermal conductivity and the linear thermal expansion coefficient are the analyzed parameters which are determined in the temperature range from laboratory temperature to 1,200 °C.

Zuda, L. – Černý, R. – Rovnaníková, P. – Bayer, P.: Der Einfluss hoher Temperaturen auf die Eigenschaften von Kompositmaterialien mit Schlackebindemittel I

Im Artikel wird die Messung der thermischen Eigenschaften eines Materials auf der Basis von alkalisch aktivierter Schlacke bei hohen Temperaturen vorgestellt. Die untersuchten Größen sind die Temperaturleitfähigkeit, die spezifische Wärmekapazität, die Wärmeleitfähigkeit und die Wärmedehnzahl. Alle diese Parameter werden in der Temperaturspanne von der Labortemperatur bis zu 1 200 °C bestimmt.

Moderní geodetické technologie a přístroje pro nivelaci

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

Přesné určování převýšení pomocí geometrické nivelace je využitelné nejen v oblasti optimalizace ochrany před přírodními katastrofami, interakce se stavebními konstrukcemi a problematiky výstavby na brownfields. Článek uvádí dostupné přístroje pro nivelaci ve vazbě na přesná měření včetně popisu některých principů digitálního odečítání na kódových latích.

Úvod

Mezi důležité geodetické činnosti patří určování výšek, nejčastěji se pro tento účel používá geometrická nivelace ze středu. Rozdílným požadavkům na přesnost měřených výškových rozdílů, vyplývajícím z širokého uplatnění nivelace v geodetické praxi, odpovídají různé druhy nivelace.

Mezi oblastí zájmu výzkumného záměru MSM č. 4 „Udržitelná výstavba“ patří mimo jiné také problematika výstavby na brownfields a také oblast optimalizace ochrany před přírodními katastrofami a interakce se stavebními konstrukcemi. Velmi přesná měření výšek patří mezi základní metody určování posunů a přetvoření staveb a objektů z hlediska bezpečnosti jejich provozu a také jako součást měření přesných prostorových sítí.

Rozdělení a využití nivelace

Princip a popis základního přístrojového vybavení lze nalézt v [1]. Podle nároků na přesnost bývá rozlišována technická nivelace (TN), přesná nivelace (PN), velmi přesná nivelace (VPN) a zvlášť přesná nivelace (ZPN). Zvláštní místo mezi metodami nivelace zaujímá hydrostatická nivelace, která se natolik vymyká dalším zde uváděným způsobům měření, že jí byl věnován samostatný odstavec. Přesnost a kritéria přesnosti jsou uvedena v tab. 1 [1]. Nejčastějším případem ve stavební praxi je technická nivelace, která postačuje pro většinu úkolů, avšak pro účely výzkumu sesuvů

Tab. 1. Přesnost druhů nivelace

Druh a řád nivelace	Mezní rozdíl sružené nivelace [mm]	Směrodatná odchylka kilometrová [mm]
ZPN, VPN - I	$1,50 \cdot \sqrt{R}$	$0,40 + \frac{0,71}{\sqrt{n_R}}$
VPN - II	$2,25 \cdot \sqrt{R}$	$0,45 + \frac{0,80}{\sqrt{n_R}}$
PN - III	$3,00 \cdot \sqrt{R}$	$0,60 + \frac{1,06}{\sqrt{n_R}}$
PN - IV	$5,00 \cdot \sqrt{R}$	$1,00 + \frac{1,77}{\sqrt{n_R}}$
TN	$40,00 \cdot \sqrt{R}$	5,00

R – délka oddílů [km], n_R – počet oddílů

svahů a citlivosti jednotlivých staveb na očekávané zvýšené sedání podloží při výstavbě na brownfields svou přesností není vhodná, protože pro měření podrobných bodů s požadovanou přesností jsou rychlejší metody použitelné na větší vzdálenost, např. trigonometrická metoda.

Pro nivelaci se využívá principu geometrické nivelace ze středu, v případě měření na podrobné či měřené body s nesterajně dlouhými záměry je třeba provádět opravu ze sklonu záměrné přímkou. Nivelace se v uvedeném oboru využívá především pro velmi přesná měření posunů a přetvoření staveb a také při přesném určování výšek bodů, které se využívají jako výchozí pro jiné metody měření. Geodetické přístroje pro geometrickou nivelaci ze středu lze v současné době dělit na optické a digitální.

■ **Nivelační přístroj** slouží k realizaci vodorovné záměrné přímkou. **Optické nivelační přístroje** se v současné době využívají převážně kompenzátorové, avšak vzhledem k požadavku automatizace a digitalizace měření jsou na ústupu. Svůj význam neztrácejí vzhledem ke srovnatelné přesnosti a nižší ceně pro velmi přesná měření. Některé dostupné přístroje jsou uvedeny v tab. 2 [2], [3], [4], [5], [6]. Je vhodné poznamenat, že nejvyšší uvedené přesnosti (v závorce) dosahují některé typy s přídavným optickým mikrometrem (u ostatních je přímo součástí přístroje) a za použití invarových latí.

Tab. 2. Dostupné optické nivelační přístroje

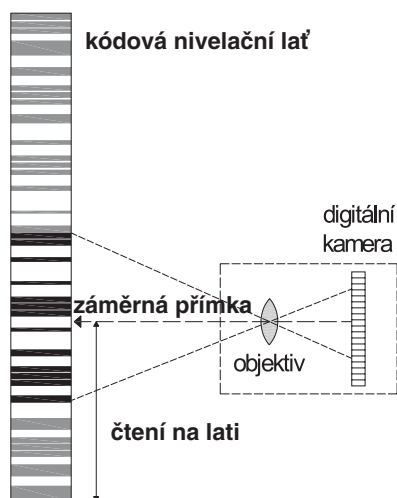
Výrobce	Typ přístroje	Směrodatná odchylka kilometrová [mm]	Zvětšení dalekohledu
Sokkia	PL1	0,2	42
Leica	NA2	0,7 (0,3)	32
Topcon	AT-G1/G2	0,7 (0,4)	32
Nikon	AS-2	0,8 (0,4)	34
Sokkia	B1	0,8 (0,5)	32
Nikon	AE-7	1,0 (0,5)	30
Topcon	AT-G3	1,5 (1,0)	30
Trimble	AL232	1,0	32
Sokkia	B20	1,0	32

■ **Digitální nivelační přístroje** jsou proti optickým vybaveny automatickým čtením, případně záznamem a výpočetními funkcemi. Za doplňkovou lze považovat funkci měření délky, obvykle s přesností 0,1 m. Použití zrychluje práci a snižuje riziko omylů a hrubých chyb při měření, jsou však dražší a vyžadují pro měření speciální kódové latě. Je třeba upozornit na možné problémy za extrémních světelných podmínek, kdy není vhodné přesné práce provádět, avšak v některých případech se tomu nelze vyhnout. Známé jsou problémy se čtením na lati za přímého oslnění, či naopak za šera či deště, kde v některých případech lze použít umělé nasvětlení latí. Kromě čtení na lati a výpočtů je práce s přístrojem totožná jako s přístrojem optickým. Výhodou je také možnost automatického určení sklonu záměrné přímkou

a následné automatické zavádění korekce. Vzhledem k tomu, že přístroje pro odečtení postačí mít v zorném poli pouze část kódu (konkrétní velikost minimálního úseku kódu je závislá na jeho principu a způsobu zpracování), lze ve spojení s elektronicky otáčenými digitálními nivelačními přístroji využít pouze částí kódových latí trvale upevněných na permanentně sledovaných objektech. Takto vytvořený systém nevyžaduje obsluhu a funguje s příslušným softwarem automaticky.

Princip odečítání kódových latí

Základní geometrický princip odečítání na kódových nivelačních latích je na obr. 1 [7]. S použitím objektivu se na řádkový digitální obrazový snímač (obvykle senzor CCD) promítá obraz kódu na lati. Další zpracování takto získaného obrazu úzce souvisí s principem a realizací kódu a je odlišné podle jednotlivých výrobců. V zásadě se využívají tři základní principy vyhodnocení čárových kódů, a to pomocí korelace, geometrický způsob a způsob využívající rychlou Furierovu transformaci (FFT).



Obr. 1. Základní princip čtení na kódových nivelačních latích

Příkladem využití korelace mohou být přístroje firmy Leica. Podle [8] je kód na lati vytvořen pro maximální délku 4,050 m. Skládá se z bílých (žlutých) a černých dílků o základní délce 2,025 mm. Posoupnost dílků byla vytvořena pseudonáhodně. Při zpracování je porovnáván kód sejmutý senzorem a kód uložený v přístroji a na základě tohoto porovnání jsou optimalizovány dva parametry, a to měřítko a čtení na lati (posun sejmutého obrazu latě proti obrazu latě uloženého v přístroji). Využívá se vzorce pro dvourozměrnou diskretní korelační funkci

$$\rho_{PQ}(d, h) = \frac{1}{N} \cdot \sum_{y=-N}^{N-1} Q_i(y) \cdot P_i(d, y-h), \quad (1)$$

- kde ρ_{PQ} – korelační funkce mezi Q a P ,
 $Q_i(y)$ – měřený signál,
 $P_i(d, y-h)$ – vypočtený referenční signál,
 y – relativní umístění kódu na detektoru,
 d – vzdálenost zobrazení,
 h – výška na lati,
 N – počet uzlových bodů výpočtu korelace.

Firma Topcon využívá [7] u svých latí kód složený ze tří částí. První dvě jsou založeny na sinové funkci (2) a (3) generující tloušťku rysky na lati D_A , D_B . Poslední je referenční a je realizována trojnásobnými v konstantním odstupu. Vznik kódu je ilustrován na obr. 2.

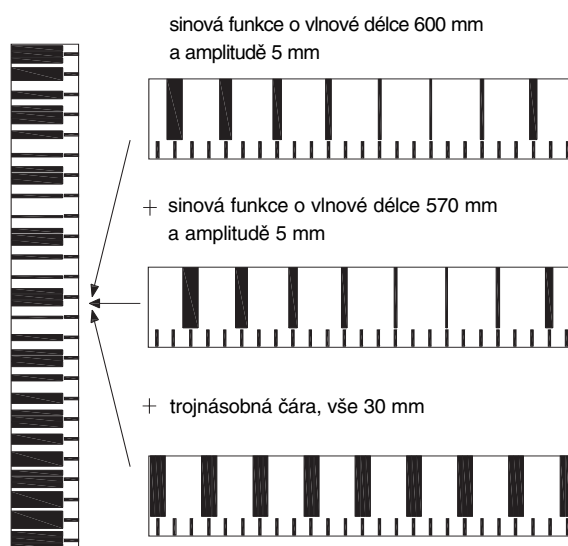
$$D_A [\text{mm}] = 5 \cdot \left(1 + \sin \left(\frac{2 \cdot \pi \cdot x_A}{\lambda_A} - \frac{\pi}{2} \right) \right), \quad (2)$$

$$D_B [\text{mm}] = 5 \cdot \left(1 + \sin \left(\frac{2 \cdot \pi \cdot x_B}{\lambda_B} - \frac{\pi}{2} \right) \right), \quad (3)$$

kde $\lambda_A = 600$ mm, $x_A [\text{mm}] = 30 \cdot i + 10$,

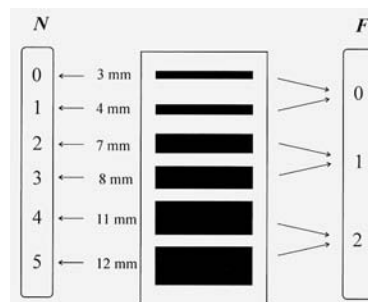
$\lambda_B = 570$ mm, $x_B [\text{mm}] = 30 \cdot i + 20$, $i = \{0, 1, 2, \dots, n\}$.

U novějších latí je dokonce využito tři sinových funkcí s vlnovými délkami 280 mm, 240 mm a 200 mm.



Obr. 2. Kódová latě firmy Topcon

Proti tomu kódové latě firmy Sokkia [7] využívají dvojitý kódování dané silou rysky a sledem jednotlivých rysek. Blíže je princip znázorněn na obr. 3. Samotné kódování je vytvořeno tzv. Random Bidirectional kódem.

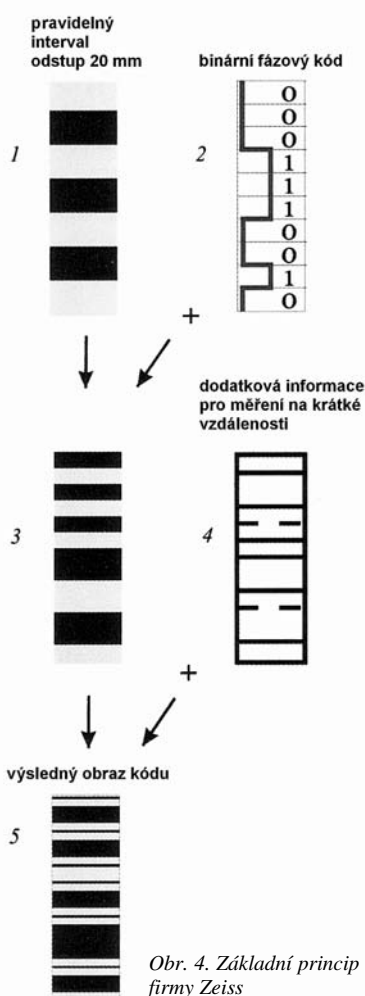


Obr. 3. Základní princip kódu latí firmy Sokkia

Kódové latě firmy Zeiss [7] využívají také zajímavý systém, založený na základním kódování pruhů o šířce 20 mm (obr. 4 – bod 1), na kterém se dále zobrazuje binární fázový kód (obr. 4 – bod 2) a dodatková informace (obr. 4 – bod 4), pro cílení na krátké vzdálenosti (menší než 6 m). Dostupné přístroje jsou uvedeny v tab. 3 [2], [3], [4], [5], [6]. S digitálními přístroji lze měřit i na klasické nivelační latě, ale přesnost odpovídá technické nivelaci vzhledem k nepřítomnosti optického mikrometru.

Tab. 3. Dostupné digitální nivelační přístroje

Výrobce	Typ přístroje	Směrodatná odchylka kilometrová [mm]	Zvětšení dalekohledu
Leica	DNA03	0,3	24
Trimble	DiNi 12	0,3	32
Topcon	DL-101 C	0,4	32
Trimble	DiNi 22	0,7	26
Sokkia	SDL30	0,8	32
Leica	DNA10	0,9	24
Topcon	DL-102 C	1,0	30



Hydrostatická nivelace

Tento způsob měření je založen na principu spojitých nádob. Hydrostatický přístroj se skládá ze dvou válcových nádob spojených navzájem hadicí pro vedení kapaliny a druhou hadicí pro vyrovnání tlaku v nádobách. Výška hladiny se odečítá pomocí mikrometrického šroubu ukončeného ostrým hrotem, případně elektronicky. Nádoby se musí osadit zhruba ve stejném horizontu vzhledem k měřicímu rozsahu, který bývá do 100 mm, směrodatná odchylka jednoho převýšení u přístrojů dostupných v současné době je uváděna až 0,01 mm. Metoda je vhodná pro uzavřené prostory bez

velkých teplotních rozdílů, maximální dosah je dán délkou spojovacích hadic, bývá do 30 m. V České republice byla ve Výzkumném ústavu geodetickém, topografickém a kartografickém vyvinuta souprava pro hydronivelaci využívající čidla HYNI, které pracuje na principu vyrovnání hydrostatických tlaků v systému. Čidlo je napájeno stejnosměrným napětím 24 V, jeho měřicí rozsah je do 100 mm a přesnost měření lze charakterizovat směrodatnou odchylkou menší než 0,01 mm. Toto zařízení našlo uplatnění při výstavbě a následném monitorování jaderné elektrárny Temelín.

Závěr

Cílem výzkumného záměru je také optimalizace ochrany a interakce prostředí se stavebními konstrukcemi s cílem omezit negativní dopady těchto jevů jak na život obyvatel, tak na vznik materiální škody. K jeho dosažení významně přispívají nové geodetické technologie a přístroje pro přesné určování výšek, mezi kterými zaujímají výlučné postavení přístroje pro geometrickou nivelaci. Automatizované měření a zpracování dat s využitím digitálních nivelačních přístrojů umožňuje geodetické práce zrychlit, zjednodušit a zlevnit.

Článek vznikl za podpory výzkumného záměru MŠMT: MSM 6840770005.

Literatura

- [1] Hauf, M. a kol.: Technický průvodce 42 – Geodézie. Praha, SNTL 1982, 544 s.
- [2] www.leica-geosystems.com/, 3.10.2005.
- [3] www.trimble.com/, 3.10.2005.
- [4] www.sokkia.com/, 3.10.2005.
- [5] www.topcon.com, 3.10.2005.
- [6] www.nikon.com, 3.10.2005.
- [7] Deumlich, F. – Staiger, R.: Instrumentenkunde der Vermessungstechnik. Heidelberg, Herbert Wichmann Verlag 2002.
- [8] Ingensand, H.: Das WILD NA2000 – Das erste digitale Nivellierer der Welt. Allgemeine Vermessungs – Nachrichten. 97, Heft 6, 1990, s. 201–210.

Pospíšil, J. – Štroner, M.: Modern Geodetical Technologies and Levelling Instruments

This paper explains accurate determination of elevations by means of geometrical levelling applicable, among others, in optimization of protection from natural disasters, interactions with building structures and construction in brownfields. Next, it lists available levelling instruments in relation to precise measurements, including the description of some principles of digital reading of code rods.

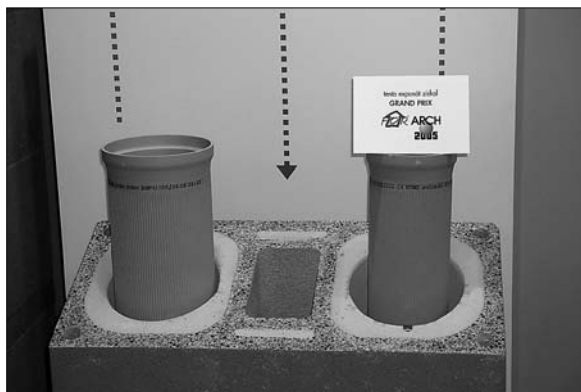
Pospíšil, J. – Štroner, M.: Moderne geodätische Verfahren und Geräte zur Nivellierung

Die Arbeit ist auf die genaue Bestimmung von Höhenunterschieden mit Hilfe eines geometrischen Nivellements ausgerichtet, das nicht nur auf dem Gebiet der Optimierung des Schutzes vor Naturkatastrophen, sondern auch in den Bereichen der Interaktion mit Baukonstruktionen und der Problematik des Bauens auf ehemaligen Industriestandorten einsetzbar ist. Es werden ebenfalls verfügbare Geräte für das Nivellement in Kopplung an Präzisionsmessungen einschließlich Beschreibung einiger Prinzipien der digitalen Ablesung an den Messlaten angeführt.

• technologie

Novinka firmy Schiedel

Dvanáct let existence systému Schiedel UNI (SIH) znamenají dvanáct let technologické špičky v oblasti systémových komínů. Novým systémem v nabídce firmy Schiedel je od podzimu Schiedel ABSOLUT. Tento dvousložkový komínový systém s integrovanou tepelnou izolací v komínové tvárnici a tenkostěnnou keramickou vložkou je vhodný pro odvádění spalin od spotřebičů na plynná, kapalná a tuhá paliva. Je mimořádně vhodný i pro odvod spalin v podtlaku od nízkoteplotních a kondenzačních spotřebičů, u průměru 12 a 14 cm také od spotřebičů nezávislých na přívodu vzduchu z místnosti (turbokotlů).



Komínová tvárnice s integrovanou tepelnou izolací z pěnového betonu je použitelná pro čtyři různé průměry vložky. To zjednodušuje projektovou přípravu, logistiku i montáž. Tepelnou izolaci je přitom opatřen nejen komínový průduch, ale i víceúčelová šachta. Sendvičová konstrukce tvárnice proto nevyžaduje ve většině případů další dodatečnou tepelnou izolaci. Hrdlové spojení keramických vložek zajišťuje absolutní těsnost. Profilovaná tenkostěnná keramická vložka je mimořádně vhodná pro kondenzační techniku, je odolná při teplotních změnách, bezpečně odolává vlhkosti, kyselinám a korozi.

Projektování je díky systému ABSOLUT revolučně jednoduché. Ještě dříve, než je zvolen druh paliva a upřesněn výkon a typ kotle, je již pevně dán vnější rozměr komínu. S jediným vnějším rozměrem komínové tvárnice mohou být totiž pro každý průduch použity čtyři různé průměry profilované vložky, a to 12, 14, 16 nebo 18 cm. Proti tradičním tříložkovým komínům, které se samy o sobě vyznačují rychlou montáží, systém Schiedel ABSOLUT dobu stavby ještě výrazně zkracuje. Přesné tvárnice se zabroušenými plochami, integrovaná tepelná izolace (odpadá vkládání izolačních rohoží), délka keramické vložky 1,33 m, dokonalá logistika – to jsou hlavní faktory, které časovou náročnost montáže komína srážejí na historické minimum.

Nový komínový systém, který získal na loňském veletrhu ForArch ocenění Grand Prix, je logickým pokračováním firmní filozofie při volbě koncepce vytápění v rodinných domech se zajištěním bezpečného a spolehlivého odvodu a rozptylu spalin za všech provozních podmínek. Poskytuje absolutní volnost při volbě spotřebiče paliv, a to až do konce fáze hrubé stavby. Ve dvouprůduchovém provedení s víceúčelovou šachtou umožní připojení prakticky libovolného kotle na plyn nebo lehký topný olej v kombinaci například s krbovými kamny. Dokonale tepelně izolovaná tvárnice předurčuje tento systém i pro použití v nízkoenergetických nebo pasivních domech.

Tisková informace

• Fakulta stavební

Spojení vysokých škol a praxe



Každým rokem se absolventi vysokých škol setkávají na trhu práce s velkými nároky. Výjimkou nejsou ani studenti Fakulty stavební ČVUT. Mállokterý z nich si v průběhu studia uvědomí, jak je profese stavebního rozpočtáře a kalkulanta na trhu pracovních příležitostí žádaná a že člověk schopný a znalý problematiky nemá v prosperujících stavebních firmách problém získat pracovní uplatnění.

Ze shora zmíněných důvodů byla na Katedře ekonomiky a řízení ve stavebnictví v rámci oboru Ekonomika a řízení ve stavebnictví zahájena spolupráce s firmou Callida. Nejnovější verze produktu euroCALC, který firma pro výuku věnovala, se ve čtvrtém ročníku stala základem předmětu „Projekt z cen, nákladů a kalkulací“. Ve školním roce 2004/2005 tento předmět absolvovalo 120 studentů.

Každý rok se na tomto programu může naučit základy rozpočtování téměř 140 studentů oboru. Jde o předmět sice náročný, avšak pro praxi velice potřebný a vyhledávaný. Po několika úvodních semestrech proto vedení katedry zareagovalo na požadavky praxe a posílilo výuku na více hodin týdně. Cílem je řešení úloh specifikovaných podle skutečných projektů stavby formou individuální práce (zpracování výkazu výměr, přiřazení jednotlivých prací k rozpočtovým položkám, rozbor položek do kalkulací – limitka, fakturace. Studenti si ověří na konkrétní projektové dokumentaci správné čtení výkresů, naučí se oceňovat stavební práce a pracovat s nejnovějším rozpočtovým programem. Tento krok bude přínosem nejen pro ně, ale nepochybně i pro praxi.

Výuku zajišťují většinou pracovníci, kteří více než 15 let rozpočtovali ve stavební praxi a mohou předávat nemalé zkušenosti pro zjednodušení a lepší pochopení rozpočtování jako celku. Z minulosti již víme, že pro studenty není problém používání programu euroCALC, ale spíše pochopení myšlení rozpočtáře a zákonitosti cen ve stavebnictví. Proto je třeba, aby předmětem studenty provázel odborník, který oboru rozumí a dokáže studentům poradit.

Uplatnění získaných vědomostí v praxi je velmi široké. S rozpočtem stavby musí umět pracovat nejen rozpočtář, který jej zpracovává za účelem kontroly pro investora nebo nabídky pro stavební firmu, ale dále po získání zakázky i stavbyvedoucí, vedoucí výroby, připravář staveb aj. Limitky, vycházející z kalkulací, slouží ke kontrole nákladů potřeb materiálu, mezd i strojů a kontrolnímu oddělení jako podklad pro výrobní faktury. Rozpočet je základem pro uzavření smlouvy o dílo.

V rámci nové výuky se katedra podílí na organizaci soutěže pro střední stavební školy „Rozpočtujeme s Callidou“. Tato soutěž má vysokou úroveň a slouží i k setkání vyučujících tohoto předmětu na středních školách, kteří mají možnost diskutovat s autorkou středoškolské učebnice doc. Hačkářovou, s pedagogickými pracovníky katedry i pracovníky firmy Callida o možných zlepšeních týkajících se jejich výuky.

*Ing. Dana Čápková
Ing. Lucie Kremlová*

● zprávy

Hurricanes

K extrémním, i když nijak výjimečným, meteorologickým jevům patří nesporně tropické cyklony. Severně od rovníku, nad Atlantikem, se jim říká hurikány (hurricanes). Od července do října, převážně pak v srpnu a v září, vznikají u západního pobřeží Afriky, mezi osmou a dvacátou severní rovnoběžkou, středy nízkého tlaku. Ty přitahují teplý vzduch zahřátý nad mořskou hladinou, která vykazuje teplotu 27 °C a více. Utváří se tu za určitých okolností vír, ohromný kroučící se sloup teplého a vlhkého vzduchu, který stoupá do stratosféry. Ve výši se ochlazuje. Pak vydatně prší, lijáky mají mimořádnou intenzitu. Střed nízkého tlaku putuje na západ.

Pokud je cyklon napájen tepelnou energií moře, větry se postupně zesilují. Je-li ustálená síla větru méně než 62 km/h, mluvíme pouze o atmosférické nerovnováze. Od 63 do 118 km/h jde o tropickou bouři. Když vítr dosáhne 119 km/h, je to „hurricane“ a klasifikuje se podle Saffirovy-Simpsonovy stupnice.

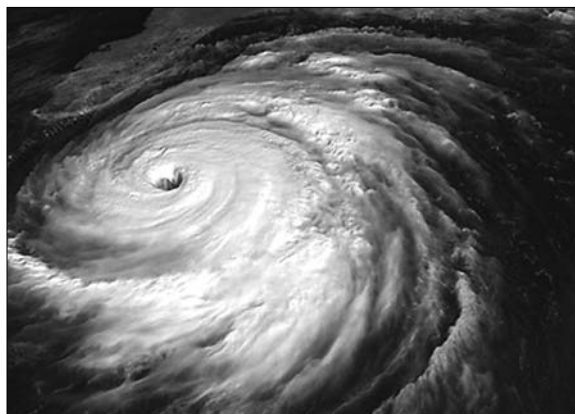
Stupeň	Ustálená síla větru [km/h]	Vzdutí vodní hladiny [m]
1	119 – 153	1,33–1,67
2	154 – 177	2,00–2,67
3	178 – 209	3,00–4,00
4	210 – 249	4,33–6,00
5	249 a více	6,00 a více

Když se střed nízkého tlaku blíží k americké pevnině, jeho trajektorie se stává neurčitou. Zamíří-li na sever, cyklon zanikne nad studenějším mořem. Pokračuje-li na západ, padne na pobřeží jihovýchodních států USA (Florida, Louisiana, Alabama atd.) nebo Mexika (poloostrov Yucatan, Acapulco atd.), natropí nesmírné škody, a jelikož už není napájen energií teplého moře, zakrátko ztratí sílu a zanikne.

Za poslední tři čtvrtě století, co se vedou záznamy, cyklonů pátého stupně bylo jen pět.

Jméno cyklonu	Rok	Poznámka
Labor Day	1935	Florida Keys, barometrický tlak 892 mb
Camille	1969	pobřeží státu Mississippi
Andrew	1992	Miami, škody za 26,5 mld. US \$
Gilbert	1988	888 mb (nejnižší vůbec zaznamenaný tlak)
Katrina	2005	New Orleans

Město New Orleans, s 1 300 000 obyvateli v centrální části, leží na východním břehu hlavního ramene delty Mississippi a z druhé strany hraničí s jezerem Pontchartrain. Ochranné vodní stavby byly projektovány proti cyklonu třetího stupně. Při ataku hurikánu Katrina ochranné sypané hráze na břehu jezera byly zničeny přelitím vody přes jejich korunu. Železobetonové ochranné stěny podél kanálů a řeky se zhroutily, poněvadž byly postaveny na málo únosné základové půdě a nepomohlo ani zakotvení pomocí pilot. Až



na několik výše položených míst se město ocitlo pod vodou. Obyvatelstvo muselo být evakuováno. Škoda na majetku je ohromná, ztráty na životech vysoké. Rekonstrukce nepochybně potrvá několik let.

prof. Ing. Alexander Danilevsky, DrSc. h. c.
New York

Z informace Hydropower & Dams č. 5/2005

Ze stručné informace ve shora uvedeném mezinárodním odborném časopise vyplývá, že hurikán Katrina v Mexickém zálivu způsobil smrt více než 1 000 lidí, desítky tisíc lidí zůstalo bez přístřeší, 5 mil. obyvatel zůstalo bez dodávky elektřiny a více než dva měsíce trvaly opravy hospodářských škod za více než 200 mld. US \$.

Společnost US Army Corps of Engineers (USACE) potvrdila, že žádná z jejích přehrad nebyla hurikánem poškozena a ani v širší oblasti New Orleans nebyla její zařízení (plavební komory a další) vážně narušena. Tato společnost se podílí na pracích zaměřených na koncepci opatření ke zvýšení bezpečnosti území ve vztahu k ničivým účinkům hurikánů.

Další hurikán Rita, necelý měsíc po extrémní Katrině, způsobil další vážné škody v oblasti včetně Louisiany a Texasu.

WORKSHOP 2006

20.–24. února 2006

Fakulta stavební ČVUT, Thákurova 7, Praha 6

Tematické okruhy

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

workshop.cvut.cz

• zprávy

GAMMA – vlajková loď BB Centra

Proměna michelského BB Centra v novou městskou čtvrť úspěšně pokračuje. Ve výstavbě je nyní největší budova projektu, která bude se svými deseti nadzemními a třemi podzemními podlažními zároveň jednou z největších administrativních novostaveb v Praze. Dotvoří doposud chybějící jižní nároží komplexu, v bezprostřední blízkosti magistrály. Gamma je ve výstavbě od ledna loňského roku a do provozu by měla být uvedena již koncem roku letošního. Hlavním architektem je Jan Aulík a Studio A, financující bankou HVB Bank, generálním dodavatelem stavby PSJ holding, developerem Passerinvest Group.

Gamma bude bezesporu patřit k nejpůsobivějším moderním administrativním budovám. Pozornost upoutá šestice panoramatických výtahů, prosklené jednací místnosti působivě vystupující do atria a štíhlé lávky propojující obě části budovy. Gamma tak bude již při vstupu působit reprezentativně, jak se sluší na sídlo prestižních společností. Dojem umocní přírodní materiály – kámen a dřevo – použité na podlahy a obklady stěn, stejně jako množství interiérové zeleně. Oblíbeným místem se určitě stane střešní zahrada. Zajímavostí bude 16 druhů fasád, z nichž technicky nejvyspělejší a pro budovu Gamma nejcharakterističtější je fasáda čelem k magistrále, s třístupňovým systémem eliminace odrazu hluku. Ohleduplnost k protější bytové zástavbě zde pomohla vytvořit ve spolupráci s experty na akustiku velmi zajímavou architektonickou formu.



Projekt BB Centrum má podle odhadů potenciál dalšího rozvoje až do roku 2011. Po dokončení veškerých záměrů by měla lokalita nabídnout k pronájmu více než 300 tis. m² v 15 objektech a přibližně pět tisíc převážně podzemních parkovacích stání. Součástí projektu je i ucelená síť obchodů a restaurací, dva rozsáhlé parky, kostel s komunitním centrem, venkovní víceúčelové hřiště a moderní wellnesscentrum s rozsáhlou nabídkou relaxačních a sportovních služeb. Cílem developera je připravit kvalitní a příjemné pracovní prostředí pro více než 15 tisíc lidí. Celkové náklady na realizaci BB Centra překročí 15 mld. Kč.

Tisková informace

• dizertace



Internet a webové služby v informačních systémech firem

Ing. Martin Doleček

Dizertační práce analyzuje současný stav nasazení informačních technologií v podnikových informačních systémech a formuluje cenná implementační doporučení. Popisují se očekávání webových služeb u stavebních firem.

Životnost obvodových plášťů montovaných panelových budov

Ing. Martin Bursík

Práce analyzuje napětí a deformace vybraných plášťů budov získané teoretickou cestou a poukazuje na vlivy zkracující životnost jednovrstvých i vícevrstvých plášťů v souvislosti s mechanickými poruchami. Teoretické výpočty se porovnávají se skutečností zjištěnou na realizovaných stavbách.

Stanovení erodovatelnosti půdy experimentálními metodami

Ing. Jarmila Koláčková

Experimentální výzkum byl proveden na sklopném hydraulickém žlabu na jednom půdním vzorku. Výsledkem jsou závislosti mezi intenzitou srážky, povrchovým odtokem a erozním procesem. Konečnou hodnotou je exaktně odhadnutá náchylnost půdy k vodní erozi.

Stavebně fyzikální a mechanické vlastnosti podlahových vrstev

Ing. Barbora Hořavová

Dizertace výpočtově hodnotí podlahové konstrukce zejména z hlediska odnímatelnosti tepla, prostupu tepla a vzduchové a kročejové neprůzvučnosti. Klasifikuje i jiné vlastnosti podlah, zejména nášlapných vrstev.

Trapézové oblouky pro štíhlé stropy

Ing. Jiří Marek

Práce je zaměřena na štíhlé stropy, jejichž ztraceným bedněním je trapézový plech zakroužený do oblouku. Teoretická část obsahuje nelineární výpočet, který je ověřen sérií zkoušek ve skutečném měřítku. Výsledkem je parametrická studie s praktickými výstupy pro navrhování tohoto typu stropních konstrukcí.

Tenkostěnné ocelové tvarované elementy používané v dřevařském inženýrství

Ing. Radek Štátný

Dizertace analyzuje tři typy ocelových tenkostěnných spojek vhodných pro praxi. Numerické modely jsou ověřeny zkouškami ve skutečném měřítku. Výsledkem jsou doporučení pro používání spojek.

• soutěže

ČESKÁ HLAVA – vítězové



Slavnostním galavečerelem vyvrcholil v polovině listopadu v pražském hotelu Ambassador čtvrtý ročník soutěže Česká hlava, v níž jsou odměňováni nejlepší čeští vědci, technici a studenti. V rámci projektu na podporu vědecké a technické inteligence je soutěž dotována téměř dvěma miliony korun. Loňské vyhlášení mělo jednu významnou premiéru – hlavní **Národní cena** byla poprvé udělována jako cena vlády. Tohoto prestižního ocenění se za celoživotní vědecký přínos dostalo brněnskému profesorovi *Arminu Delongovi*, který svůj život spojil s vývojem elektronových mikroskopů a dodnes pracuje ve firmě vyvážející elektronové mikroskopy do celého světa.

□ Velkou pozornost médií a veřejnosti nedávno vzbudily informace o vývoji léku, který by se mohl stát průlomem v léčbě nádorových onemocnění. Autoři tohoto významného objevu *prof. RNDr. Blanka Říhová, DrSc.*, a *prof. Ing. Karel Ulbrich, DrSc.*, se stali po zásluze laureáty **Ceny Invence**.

□ Pokud se často říká, že mezi výzkumem, vývojem a uplatněním na trhu je propast, pak společnost *Evektor Aero-technik* ji dokázala přemostit. Vyvinula lehký jednomotorový letoun VUT 100 pro soukromou a firemní přepravu, který ihned výrazně uspěl na americkém trhu. Proti konkurenčním věhlasným značkám má mj. nejdelsí dolet a unese největší hmotnost. Firma obdržela **Cenu Ministerstva průmyslu a obchodu ČR**.

□ Na zahraničních „tržích“ uspěl i *prof. Josef Michl*. Tento světově uznávaný chemik, člen Americké akademie věd, působí na univerzitě v Coloradu, ale po listopadu 1989 převedl část svých aktivit i na česká vědecká pracoviště. Stal se laureátem **Patrie, ceny Unipetrol, a. s.**, udělované právě

osobností, která se prosadila v zahraničí.

□ Mimořádně obtížnou práci měla porota při udělení studentských cen, kde bylo přihlášeno v každé kategorii několik vynikajících prací. **Cenu Doctorandus** nakonec získala za práci z oblasti psycholingvistiky *Dr. Denisa Bordag*, která momentálně pracuje v Německu, **Gaudeamus, cena Českého Telecomu, a. s.**, byla udělena *Mgr. Vítu Bubákovi* za ojedinělou práci, která se zabývá analýzou chování cen na českém kapitálovém trhu pomocí metod vysokofrekvenčních časových řad. Středoškolská **Cena Naděje** zamířila ke studentovi pražského Gymnázia Heyrovského *Janu Švábovi* za vysokorychlostní optické datové pojítko, což je zařízení, které využívá světelného paprsku pro propojení vzdálených počítačových sítí.

Při předávání cen několikrát zaznělo, že stále zaostáváme za vyspělým světem ve financování vědy a výzkumu. Jak se vyjádřila *Blanka Říhová*: „*Vláda by kromě větší finanční podpory měla vědu více propagovat. Už od střední školy by se měla větší pozornost věnovat výchově k vědeckému myšlení a propagaci vědy vůbec, aby vzbudila zájem studentů se vědě věnovat. Proto je Česká hlava tak potřebná aktivita.*“ Jen pro srovnání. Zatímco v USA se špičkoví vědci rekrutují z 37 % z vysokoškolsky vzdělané populace, v České republice máme jen 11,4 % lidí s vysokoškolským vzděláním. Z 10 tis. pracovníků pracuje ve výzkumu v USA 209 lidí, u nás 51. Místopředseda vlády *Martin Jahn* připomněl, že vědci dostanou letošní rok o miliardu víc, než schválil ještě Špidlův kabinet, a v příštích letech by výdaje na vědu měly růst ještě rychleji. Za významnou podporu označil možnost firem odečíst z daní až 100 % investic do výzkumu a vývoje.

Tisková informace

ÚTAM AV ČR Praha a Dům techniky Ostrava

pod záštitou

CIDEAS, FAST VŠB TU Ostrava, IA ČR, ČSSI, ČKAIT a SPS

pořádají

VII. celostátní konferenci

SPOLEHLIVOST KONSTRUKCÍ

*Od prvků a dílců stavebních konstrukcí ke konstrukčním systémům
v pravděpodobnostním posudku inženýrské spolehlivosti
s využitím simulační techniky.*

5. dubna 2006

Akademie věd ČR, Praha 1, Národní třída 3

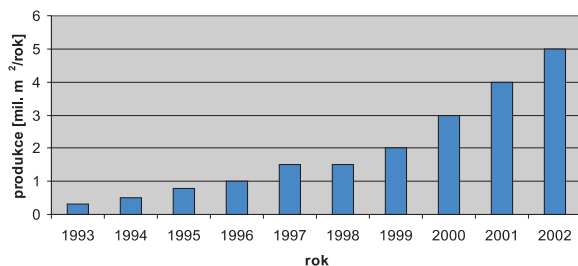
Předmětem bude jednání o strategii a závažných součástech procesu posudku spolehlivosti podmiňujících rozšíření pravděpodobnostního pojetí inženýrského posudku na nosné systémy. Zvláštní pozornost bude věnována zavedení netradičního posudku systémů do projekční praxe. Pod pojmem „systémy“ se v této souvislosti rozumějí především rovinné rámy, staticky neurčitě příhradoviny, lanové konstrukce apod. včetně problematiky aplikace teorie 2. řádu.

www.sbra-anthill.com

● zprávy

Historie zateplování v ČR a v Evropě

První dodatečné zateplování se v České republice začalo realizovat na panelových objektech typu G koncem šedesátých let. Dostupnými technologiemi se ojediněle provádělo i u nanelových budov. Většinou zůstávalo jednou z technologií pro opravy vad a poruch domů, aniž by hlavním cílem aplikace bylo snížení vysoké energetické náročnosti. Na této skutečnosti nic nezměnila ani první ropná krize v roce 1973. V té době byly státy západní Evropy, s klimatickými parametry obdobnými jako v ČR, donuceny provádět zateplení vnějších obvodových stěn budov kontaktními tepelně izolačními systémy v rozsahu 0,3 až 0,5 m² na 1 obyvatele ročně (do roku 1989 bylo např. v tehdejší SRN tak realizováno 144 mil. m²). Až do roku 1992 bylo zateplování vnějších stěn v ČR pouze prostředkem ke snížení negativních projevů tepelně technických vad a poruch. V osmdesátých letech byly z těchto důvodů zateplovány převážně panelové domy. Tomu napomáhala i dotační politika státu, která na tyto opravy vyčlenila finanční prostředky. Pro zateplování se v té době používaly převážně montované systémy s odvětrávanou vzduchovou mezerou vyvinuté pro opláštění průmyslových staveb. Od roku 1993 zateplování obytných budov postupně směřuje již také k úsporám energie při vytápění. Nejvíce se využívají kontaktní tepelně izolační systémy (ETICS), a to nejen u nás, ale i v Evropě. V roce 2002 dosáhla roční produkce těchto systémů v ČR cca 5 mil. m².



Většina objektů bytové výstavby v ČR má v současné době parametry stěn zhruba čtyřikrát horší, než požadují technické normy. To je skutečnost, se kterou se budou muset vyrovnat nejen občané, kteří chtějí šetřit energií v souvislosti s dramatickým růstem její ceny, ale také od 1. ledna 2006 majitelé budov, kterých se bude týkat nová evropská směrnice, která požaduje certifikaci budov z hlediska energetické náročnosti (PEN).

Evropská unie vyvíjí tlak na dosažení co největších úspor tepelné energie. Výsledkem je mimo jiné evropská směrnice 2002/91/ES, zaměřená na hodnocení energetické náročnosti budov. Základním předpisem, zavádějícím tuto směrnici do českého právního řádu, bude zákon č. 406/2000 Sb., jehož novela se připravuje. Ze směrnice vyplývá potřeba energetické certifikace, která postihne značný soubor budov, neboť bude vyžadována nejen při nové výstavbě a změnách staveb, ale i při prodeji a pronájmu budov. Stručně řečeno, podle nové směrnice bude energetická náročnost budovy posuzována z hlediska kompletní dodávky energie (vyjádřené v úrovni prvotní energie, často označované v technickém slangu jako „primární“), tzn. včetně zabudovaného osvětlení, ohřevu teplé vody, chlazení a větrání. Klade tedy důraz na stavební, a zároveň technické řešení budovy. Neposuzuje budovu pouze z hlediska spotřeby tepla na vytápění, tedy jen z velikosti šíření tepla obálkou budovy.

Zateplení stěnových konstrukcí představuje jednu z nejefektivnějších cest k dosažení výrazných úspor tepelné energie. Aplikace vnějšího tepelně izolačního kompozitního systému ETICS z pěnového polystyrenu na běžnou stěnu z plných pálených cihel tl. 45 cm způsobí, že takto zateplená stěna se z hlediska prostupnosti tepla chová jako stěna z plných pálených cihel tloušťky přes 2 m. Zateplení 1 m² klasické stěny z pálených cihel vytápěného prostoru představuje za jednu topnou sezónu úsporu ve spotřebě energie cca 100 Kč. Zateplená stěna dostává navíc nový vzhled. Západní Evropa využívá tento systém již od roku 1975 v míře 0,3 až 1 m² na 1 obyvatele ročně.

Česká soukromá firma STOMIX® má již déle než deset let zkušenosti z vlastního vývoje a výzkumu, jehož výsledky jsou aplikovány do výroby komponentů i instalace zateplovacího systému na budovy. Její systémy vyhovují nejnáročnějším požadavkům – v minulosti to byla, kromě požadavků plynoucích z legislativy, dobrovolná aplikace parametrů pro kvalitativní třídu A, stanovenou Cechem pro zateplování budov, kterou výrobce splnil jako první. V současné době to jsou požadavky z harmonizované technické specifikace – Evropského technického schválení (ETA), jehož je společnost prvním držitelem v ČR. Evropské technické schválení pro nejprodávanější produkt společnosti – stomixTHERM®alfa – spolu s ostatními dokumenty vydanými autorizovanou osobou umožňuje jeho označování CE. Kvalita řízení výroby je ve společnosti zabezpečována v souladu s ČSN ISO 9001.

Tisková informace

ETICS – vnější tepelně izolační kompozitní systém

Výrobek, který musí splňovat příslušné právní předpisy.

ETA – Evropské technické schválení

Dokument vydaný notifikovanou osobou, který vyjadřuje kladné technické posouzení výrobku. Posuzována je vhodnost výrobku k určenému použití ve stavbě s ohledem na základní požadavky. Uděluje se pro výrobky, pro které neexistuje evropská harmonizovaná norma (např. ETICS).

hEN – Evropská harmonizovaná norma

Norma harmonizovaná s evropskou směrnicí pro stavební výrobky. Shoda s ustanoveními harmonizované normy podle její přílohy (příloha ZA) představuje shodu s příslušnými požadavky směrnice pro stavební výrobky obdobně jako shoda s ustanoveními ETA.

ETAG – Řídící pokyny pro vydání Evropského technického schválení

Vydává je Evropská organizace pro technické osvědčování.

Označení CE

Jediné označení, které prokazuje, že výrobek je ve shodě se směrnicemi založenými na zásadách globálního přístupu. Vyjadřuje, že výrobek splňuje technické požadavky stanovené ve všech právních předpisech, které se na něj vztahují a které toto označení stanovují nebo umožňují, a že byl při posouzení shody dodržen stanovený postup.

Věra Peterková, CSc.

STRUČNÝ TEMATICKÝ SLOVNÍK

anglicko-český

ekologie a životní prostředí

1. téma – ekologie a životní prostředí (ŽP) obecně

Ecology and Environment in General

activity	činnost, aktivita	contribute	přispět, přispívat, mít podíl (na)
adverse	škodlivý, záporný, špatný	c. to environmental change	přispět ke změně životního prostředí
a. effect	nepříznivý účinek, dopad	damage	poškodit, narušit; poškození, škoda
a. ecological impact	škodlivý, nežádoucí vliv na ŽP	d. to nature	poškození přírody
affect	ovlivnit, působit	dangerous	nebezpečný
affecting the environment	poškozování životního prostředí	degradation	degradace, zhoršení
air	vzduch, ovzduší	deplete	vyčerpat, ztenčit
a. pollution	znečišťování ovzduší	depletion	vyčerpání, ztenčení
animal	živočich, zvíře; živočišný, zvířecí	d. of natural resources	vyčerpání přírodních zdrojů
a. community	živočišné společenstvo	deteriorate	(z)kazit (se), (z)horšit(se), poškozovat
a. ecology	ekologie živočichů	deterioration	zhoršení, poškození
annual	roční	d. of the environment	zhoršování ŽP, poškozování ŽP
average	průměr; průměrný	devastate	devastovat, zničit, (z)pustošit
approach	přístup, pojetí, poměr (k); přistupovat	diminish	zmenšovat, slábnout, klesat
assess	(vy)hodnotit, posoudit, stanovit	disturb	narušovat, porušit
assessment	(o)hodnocení, posudek, posouzení, stanovení	d. the balance of nature	narušit přírodní rovnováhu
aware	vědom si (čeho)	Earth, the E.	Země, planeta Země
be a. of	být si vědom (čeho)	E. atmosphere	zemská atmosféra, atmosféra Země
awareness	uvědomění, povědomí	E. surface	zemský povrch
public a.	veřejné povědomí	eco-friendly, též: environmentally friendly	ekologicky přátelský, ohleduplný k ŽP
be faced with a problem	stát před problémem	ecological	ekologický
behaviour	chování	e. approach	ekologický přístup
ecological b.	chování ohleduplné k ŽP	e. balance	ekologická rovnováha
challenge	výzva, náročný úkol	e. crisis	ekologická krize
change	(z)měnit (se), (vy)střídat; změna, střídání	e. disaster	ekologická katastrofa
climate	klima, podnebí	e. impact	ekologický účinek, vliv, dopad na ŽP
c. sensitivity	citlivost klimatu, podnebí	e. recovery	regenerace, ozdravení ekosystému
c. warming	oteplování podnebí	e. risk analysis	analýza ekologických rizik
compensation	náhrada, vyrovnání, odškodnění	e. stability	ekologická stabilita
c. for environmental damage	náhrada škody způsobené na ŽP	ecologically	ekologicky
conservation	ochrana, zachování	e. desirable	ekologicky šetrný
c. measures	ochranná opatření	e. undesirable	ekologicky škodlivý
c. of resources	ochrana zdrojů; zachování zdrojů	e. sustainable development	ekologicky (trvale) udržitelný rozvoj
consequence	důsledek, dosah	ecology	ekologie
economic c-s	ekonomické důsledky	effect	vliv, účinek
consumption	spotřeba	e. on the environment	vliv na životní prostředí
c. of energy	spotřeba energie	emission	emise, exhalace
contaminate	kontaminovat, znečistit, zamořit	e. level	hladina emisí
contamination	kontaminace, znečištění, zamoření	e. reduction	snižování emisí

endangered species	ohrožený(é) druh(y)	nitrate	nitrát, dusičnan
environment	životní prostředí, prostředí	n. absorption	absorpce dusičnanů
e. protection	ochrana životního prostředí	n. content	obsah dusičnanů
e. quality	kvalita životního prostředí	ozone	ozón
environmental	týkající se ŽP, ekologický	o. depletion	ubývání ozónu
e. acceptability	ekologická přijatelnost	o. formation	tvorba ozónu
e. aspect	ekologický aspekt, zřetel	o. hole	ozónová díra
e. assessment	hodnocení ŽP	o. layer, syn. o. shield	ozónová vrstva, ozónosféra
e. burden	zátěž ŽP, ekologická zátěž	thinning of the o. layer	ztenčování ozónové vrstvy
e. care	péče o ŽP	ozone-depleting substance	látka poškozující ozónovou vrstvou
e. concerns	problémy, otázky ŽP, environmentální problémy, otázky	policy	strategie, přístup, koncepce, politika
e. contamination	znečištění ŽP	p. measures	politická opatření, programová opatření
e. degradation	degradace ŽP	pollutant	polutant, škodlivina
e. disorder	porucha rovnováhy ŽP	p. concentration	koncentrace škodlivin(y)
e. impacts	dopady, vlivy na ŽP	p. dispersion	šíření škodlivin(y)
e. issues	problémy, otázky ŽP	p. emission	emise, exhalace škodlivin(y)
e. load	zátěž ŽP	polluter	znečišťovatel
e. monitoring	sledování ŽP	pollution	znečišťování
e. objectives	cíle ŽP	soil p.	znečišťování půdy
e. policy	ekologická politika	water p.	znečišťování vody
e. standards	normy péče o ŽP	practice	praxe, způsob, postup
environmentalism	hnutí na ochranu ŽP	predict	předvídat, předpovídat
environmentalist	ochránce ŽP	prediction	předpověď
global	globální, celosvětový	produce	produkovat, vytvářet
g. climate change	globální změna klimatu	producer	producent, výrobce
g. warming	globální oteplování	promote	podporovat, prosazovat
greenhouse	skleník	protection of climate	ochrana klimatu
g. effect	skleníkový jev, efekt	recover	obnovit, regenerovat
g. gas	skleníkový plyn	reduction	snížení, omezení
g. gas emission	výpary skleníkových plynů	release	uvolnit, vypustit; uvolnění, vypuštění, únik
growth	růst, narůstání	renew	regenerovat, obnovit
habitat	biotop, habitat, přirozené prostředí	renewable	obnovitelný
harmful	škodlivý, zhoubný	r. natural resources	obnovitelné přírodní zdroje
hazard	nebezpečí, ohrožení, riziko	respond	odpovědět, reagovat
hazardous	nebezpečný, riskantní	r. to a question	odpovědět na otázku
impact	vliv, dopad, účinek	response	odpověď, odezva, ohlas, reakce
i. assessment	hodnocení vlivů, dopadů	meet with no r.	nemít odezvu
implement	uskutečnit, realizovat, splnit	responsibility	(z)odpovědnost
i. measures	zavést opatření	survive	přežít, přečkat
implementation	uskutečnění, realizace, provádění	survival	přežití, přečkání
i. of environmental protection programmes	realizace programů ochrany ŽP	sustain	udržet, zachovat
increase of temperature	zvýšení teploty, oteplení	sustainable	(trvale) udržitelný
irreversible environmental change	nevratná změna ŽP	s. development	trvale udržitelný rozvoj
issue	otázka, problém, záležitost	threat	hrozba, ohrožení, nebezpečí
key	klíč; klíčový, hlavní, základní	pose a t.	představovat hrozbu, ohrožení
k. task	klíčový úkol	t. to nature	hrozba pro přírodu, ohrožení přírody
limit	omezovat, limitovat, omezení, limit	threaten	hrozit, ohrožovat
limited resources	omezené, limitované zdroje	threatened species	ohrožený(é) druh(y)
nature conservation	ochrana přírody	transboundary	jdoucí přes hranice
natural disaster	přírodní katastrofa	t. pollution	znečištění překračující hranice (států)
		unstable weather	nestálé, proměnlivé počasí
		worldwide	celosvětový, po celém světě

Pokyny pro autory

STAVEBNÍ OBZOR

Thákurova 7, 166 29 Praha 6

tel.: 224 354 596

klimova@fsv.cvut.cz

Redakce přijímá články v textovém editoru Word, tištěné po jedné straně bílého papíru formátu A4 (horní okraj 25 mm, levý 35 mm, pravý 10 mm, dolní 15 mm), řádkování, 1,5. Rukopisy se dodávají výhradně na volných listech. Stránky se číslijí průběžně uprostřed dolního okraje. Současně je třeba dodat elektronickou verzi (disketu, CD, e-mail), opatřenou jménem autora a názvy uložených souborů. Obrázky je vhodné uložit do samostatného souboru. Text nezalamovat do sloupců a obrázky do textu nevkládat.

Úprava rukopisu

- ➔ **Název příspěvku (arial, 14 bodů, tučně)**, oddílů (**arial, 12 bodů, tučně**) a odstavců (**times, 12 bodů, tučně**), se píše malými písmeny kromě velkých začátečních písmen, bez teček na konci. **Neměl by obsahovat více než 8 slov.** Titulky se nepodtrhávají ani neprostrkávají. Pokud není článek příliš rozsáhlý, není třeba nadpisy číslovat. U rozsáhlejších textů se oddíly (kapitoly) mohou číslovat arabskými číslicemi s tečkou, odstavce (podkapitoly) při hierarchickém členění se číslijí dvěma (výjimečně třemi) arabskými číslicemi s tečkou za každou číslicí.
- ➔ **Záhlaví** – jméno autora, název a místo jeho pracoviště (nezkrácené osobní jméno, příjmení s akademickými tituly a vědeckými hodnostmi; je-li autorů více, sdruží se podle pracovišť).
- ➔ **Anotace** – max. 5 řádků vystihujících obsah článku, **anglické a německé resumé** stejného rozsahu je překladem anotace. V případě dodání pouze české verze redakce zařídí její překlad (vhodné je dodat cizojazyčné specifické odborné termíny).
- ➔ **Text článku (times, 12 bodů)** – obvyklý rozsah je 8 až 10 stran, neměl by přesahovat 12 stran a obsahovat více než 7 obrazových předloh (grafy, schémata, fotografické snímky, tisky počítačových periférií apod.) a tabulek.
- ➔ **Seznam literatury** se zařadí na konec rukopisu. Jednotlivé prameny se označí čísly v hranatých závorkách. Uvedou se jen prameny citované v článku a v přiměřeném rozsahu. Jen výjimečně by měla být citována literatura starší patnácti let. Počet autocitací nesmí přesáhnout třetinu všech citovaných prací. Odkazy v textu se uvádějí rovněž čísly v hranatých závorkách, které nelze nahradit lomítky.
- ➔ **Poznámka pod čarou** nemá být delší než tři řádky. Píše se na řádek následující za místem, ke kterému se text pod čarou vztahuje. Od vlastního textu se odděluje vodorovnou čarou. Místo v textu a příslušný text pod čarou se vyznačují arabskými číslicemi jako mocnitél s obloučkem, např. ¹⁾, na rozdíl od poznámek u tabulek, kde se značí *). Poznámky pod čarou se číslijí **průběžně** v celém příspěvku.

Vzorce

- ➔ V textu se **odkazy** na vzorce uvádějí obvyčejnými čísly v okrouhlých závorkách (n);
- ➔ pro **proměnné** se v matematických výrazech používá ležaté písmo (*times italica, 12 bodů*), pro vektory

přednostně písmena latinské abecedy (**arial italica tučně, 10 bodů**), pro matice velká písmena, předpostně latinské abecedy (**TIMES ITALICA TUCNE, 12 BODU**). Číslice ve vzorcích, a to i v indexech a exponentech, se píší stojatě;

- ➔ **indexy** a **exponenty** se píší bez mezery ke znaku, se správným směrem snížení/zvýšení k základní úrovni řádku;
- ➔ **desetinná místa** se oddělují od celku desetinnou **čárkou**;
- ➔ používají se **zákonné měřicí jednotky**;
- ➔ znaménka ve vzorcích (=, +, -, ·, :, ..., atd.) musí být od ostatních veličin oddělena mezerou;
- ➔ pro násobení se nepoužívá *, ale příslušné znaménko;
- ➔ jednotlivé matematické symboly do textu **nelze vkládat** (na rozdíl od číslovaných rovnic), je nutné je psát jako souvislý text.

Grafický program QuarkXpress 6.0, ve kterém se časopis láme, v některých případech nekomunikuje s extenzemi pro úpravu matematických vzorců různých verzí editoru Word. **U vzorců s velkým rozsahem vzorců je proto možné se před zpracováním článku o vhodnosti dané extenze ve studiu informovat (Ing. Milan Gattringer, tel.: 241 770 220).** Předěje se tak složitým korekturám.

Úprava obrazových předloh a tabulek

- ➔ Na médium se obrázky ukládají jako samostatné soubory s příponou **jpg, tif, eps, bmp** s rozlišením **300 DPI**. Tabulky a grafy jako soubory s příponou **xls**. Prostor pro ně se v rukopisu nevynechává, do textu se **nevlepují**. Do redakce je třeba dodat i jejich tištěnou podobu. Pro zajištění kvalitní reprodukce je třeba dodat obrázky ve zhruba dvojnásobném rozměru, než bude tištěný formát. Změnitelnou základnu obrázku je třeba obyčejnou tužkou vyznačit. Do textu budou v korektuře zalomeny podle možnosti co nejlíže odkazu v závorce.
- ➔ **Pérové kresby** – každý originál musí být na samostatném listu maximálního formátu A4. Obrázky je nejlépe dodat v poměru **1 : 1**, tj. buď na šířku jednoho sloupce (max. 77 mm), nebo dvou sloupců (max. 160 mm); tloušťka čar musí odpovídat tištěnému formátu obrázku. Pro popisování kreseb a grafů se v textovém editoru používá výhradně písmo **arial** jednotné velikosti. Pro přehlednost má být v obrázku co nejméně textu, s počínajícími malými písmeny. Vysvětlivky lze uvést v podpisku pod obrázek. V textu se odvolávky na obrazové předlohy uvádějí v kulatých závorkách (*obr. n*). U diagramů se stupnice popisují vždy vně, na středu za jednosměrnou šipkou následuje značka veličiny, za ní jed-

notka veličiny v hranatých závorkách. U grafu se vyznačuje ukončení obrázku šipkou. Vytisknuté obrázky je třeba označit vpravo dole příslušným číslem a příjmením autora.

- ➔ **Fotografické snímky**, na rubu lehce označené číslem a příjmením autora, musí být kontrastní, na hladkém bílém fotografickém papíru s ostrou kresbou, rovnoměrným leskem po celém povrchu, stupnicí polostínů, min. velikosti 9 x 12 cm.
- ➔ **Popisky pod obrázky** (*times italica*, 12 bodů) na samostatném listu se vloží za poslední stranu rukopisu.
- ➔ **Tabulky** se označí průběžně arabskými číslicemi (*Tab. 1.*) a názvem (*times italica*, 12 bodů) umístěným nad tabulkou. Vysvětlivky k obsahu a definice symbolů se píší pod tabulku jako poznámky pod čarou. Na samostatných listech se vkládají za poslední stranu textu.

Příspěvky do rubrik

Rozsah nemá přesahovat šest stran a obsahovat více než čtyři obrazové předlohy včetně tabulek. Pod textem se vpravo dole uvede jméno a příjmení autora. Obecné požadavky na rukopis, obrazové předlohy a tabulky platí obdobně jako u hlavních článků.

Recenze vědeckotechnické literatury

- ➔ **Záhlaví** – je nutné dodržet toto pořadí údajů: příjmení a iniciály osobního jména autora (bez titulu), název díla (u cizího názvu v originále, do závorky český překlad), pořadí vydání (u druhého a dalších), místo vydání, vydavatel, rok vydání, počet stran, obrázků, tabulek, popř. cena. Název knih psaných jinak než latinkou se uvede v českém přepisu.
- ➔ **Struktura** – význam problematiky díla, záměr autora, popis díla po významných částech (kapitolách), hodnocení záměru autora, okruh čtenářů, kterým je dílo určeno. V pravé části rukopisu pod textem recenze jméno a příjmení recenzenta nebo jeho šifra. Recenze nesmí být delší než dvě strany.

Údaje o autorech

Na zvláštním listu autor uvede své jméno a příjmení, adresu bydliště včetně PSČ, telefonní číslo, popř. e-mail na pracoviště (netisknou se) a prohlášení, že jde o původní, jinde nepublikovaný článek. Zároveň dodá podepsanou žádost o otištění textu ve Stavebním obzoru.

Autorské korektury

Všechny otisky sazby zaslané autorovi musí být zkorigovány a vráceny do redakce obratem. Články se v redakci upravují podle zvyklostí časopisu. V rámci korektury lze opravovat pouze chyby v odborné a stylistické terminologii a technické nedostatky zaviněné tiskárnou. Autor svým podpisem na korektuře znovu potvrdí, že po opravě jím vyznačených chyb s vytištěním článku souhlasí.

- Tisknou se pouze původní, dosud nepublikované práce.
- Hlavní články se lektorují.
- Za obsah článku ručí autor.
- Otištěné články nejsou honorovány.
- Nevyžádané rukopisy se nevracejí, diskety a CD si lze do měsíce po vyjití článku vyzvednout v redakci.

Korekturní znaménka

Korektury se vyznačují barevně dvěma shodnými znaménky. Jedním se označí opravené místo a druhé se opakuje na příslušném okraji otisku v účarí opravené řádky. Vpravo vedle znaménka na okraji otisku se napíše správné písmeno nebo doplňující text.

	výměna chybného nebo poškozeného písmene		chybějící mezera
	výměna více chybných písmen, popř. slov		zvětšení mezer mezi slovy
	vypuštění přebytečných písmen nebo slov (deleatur)		zmenšení mezery mezi slovy
	vypuštění textu ve více řádcích		zrušení mezery nebo spojovníku
	chybějící slovo nebo text, popř. spojovací znaménko nebo pomlčka		zrušení mezery mezi řádky
	vynechaná řádka		vyznačení odstavce
	zařazení obrázku nebo tabulky		zrušení odstavce
	porušený slovosled		vysazení slov jiným písmem
	přemístění slov nebo řádek		index prvního stupně
	přemístění přehozených písmen nebo slov		index druhého stupně
	správné pořadí přehozených řádek		exponent prvního stupně
	zapomenutá zarážka		exponent druhého stupně
	posunutí textu nahoru nebo dolů		chybně vyznačená korektura se v textu podtečkuje

STAVEBNÍ OBZOR

ROČNÍK 15 ČÍSLO 02/2006

Navigace v dokumentu

OBSAH

Řeřicha, P. – Čmejla, M. Mezní únosnost zděných klenbových pasů	33
Makovička, D. – Makovička, D. jr. Vliv opakovaných extrémních zatížení na ohybovou únosnost zdiva	37
Zuda, L. – Drchalová, J. – Černý, R. – Rovnaníková, P. – Bayer, P. Vliv vysokých teplot na vlastnosti kompozitních materiálů se struskovým pojivem – II. část	44
Parák, T. Posouzení svislé únosnosti základové půdy metodou Monte Carlo a porovnání s výpočtem podle ČSN 73 1001	50
Taraba, B. – Behúlová, M. – Š_astník, S. – Kmínová, H. Analýza teplot a proudění ve vytápěné místnosti	54
Hodas, S. Systém ZHIS a iteračné výpočty podprvků kořajového zhlaví	58

2 • 2006

ročník 15

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

Řeřicha, P. – Čmejla, M.
**Mezní únosnost
zděných klenbových
pasů** 33

Makovička, D. – Makovička, D. jr.
**Vliv opakovaných
extrémních zatížení
na ohybovou únosnost
zdiva** 37

Zuda, L. – Drchalová, J. – Černý, R.
– Rovnaníková, P. – Bayer, P.
**Vliv vysokých teplot
na vlastnosti
kompozitních
materiálů
se struskovým
pojivem – II. část** 44

Parák, T.
**Posouzení svislé
únosnosti základové
půdy metodou Monte Carlo
a porovnání
s výpočtem podle
ČSN 73 1001** 50

Taraba, B. – Behúlová, M. –
Šťastník, S. – Kmínová, H.
**Analýza teplot
a proudění ve vytápěné
místnosti** 54

Hodas, S.
**Systém ZHIS
a iteračně výpočty
podprvků kořalového
zhlaví** 58

CONTENT

Řeřicha, P. – Čmejla, M.
**Limit Loading Capacity
of Masonry Vault
Flanges** 33

Makovička, D. – Makovička, D. jr.
**Effects of Repeated
Extreme Loads
on Bending Capacity
of Masonry** 37

Zuda, L. – Drchalová, J. – Černý, R.
– Rovnaníková, P. – Bayer, P.
**Thermal, Hygric and
Mechanical Properties
of a Composite Material on
the Basis of Alkali Activated
Slag after High-Temperature
Exposure – Part 2** 44

Parák, T.
**Examination of Vertical
Capacity of Subsoil by Monte
Carlo Method and
Comparison with Calculation
according to ČSN 73 1001
Standard** 50

Taraba, B. – Behúlová, M. –
Šťastník, S. – Kmínová, H.
**Analysis of Temperature
and Air Flow in
a Heated Room** 54

Hodas, S.
**The ZHIS System and
Iterative Methods of Sub-Unit
Calculations of the Turnout
Layout** 58

INHALT

Řeřicha, P. – Čmejla, M.
**Grenztragfähigkeit
gemauerter
Gewölbegurte** 33

Makovička, D. – Makovička, D. jr.
**Der Einfluss wiederholter
Extrembelastungen
auf die Biegefestigkeit
von Mauerwerk** 37

Zuda, L. – Drchalová, J. – Černý, R.
– Rovnaníková, P. – Bayer, P.
**Der Einfluss hoher
Temperaturen
auf die Eigenschaften
von Kompositmaterialien
mit Schlackebindemittel
– II. Teil** 44

Parák, T.
**Beurteilung der vertikalen
Tragfähigkeit des
Baugrundes mit der Monte
Carlo-Methode und Vergleich
mit der Berechnung nach
ČSN 73 1001** 50

Taraba, B. – Behúlová, M. –
Šťastník, S. – Kmínová, H.
**Analyse der Temperaturen
und der Strömungen in einem
beheiztem Raum** 54

Hodas, S.
**Das System ZHIS und
Iterationsberechnungen
von Unterelementen des
Gleisoberbaus** 58

REDAKČNÍ RADA

Předseda:

prof. Ing. Jiří STUDNIČKA, DrSc.

Místopředseda:

doc. Ing. Alois MATERNA, CSc.

Členové:

Ing. Miroslav BAJER, CSc.

doc. Ing. Pavel HÁNEK, CSc.

Ing. Jiří HIRŠ, CSc.

doc. Ing. Vladimír JELÍNEK, CSc.

Ing. Jana KORYTÁROVÁ, PhD.

Ing. Karel KUBEČKA

doc. Ing. Ladislav LAMBOJ, CSc.

doc. Ing. Ivan MOUDRÝ, CSc.

doc. Ing. Jaroslav NOVÁK, CSc.

doc. Ing. Luděk NOVÁK, CSc.

doc. Ing. Miloslav PAVLÍK, CSc.

prof. Ing. J. PROCHÁZKA, CSc.

Ing. Vlastimil ROJÍK

Ing. Karel SVOBODA

doc. Dr. Ing. Miloslav ŠLEZINGR

Ing. Ludvík VÉBR, CSc.

doc. Ing. Josef VITÁSEK, CSc.

prof. Ing. Jiří WITZANY, DrSc.

Ing. Renata ZDAŘILOVÁ

STAVEBNÍ OBZOR, odborný měsíčník, vydává
Fakulta stavební ČVUT Praha společně s Fakultou
stavební VUT Brno, Fakultou stavební VŠB TU
Ostrava, Českou komorou autorizovaných inženýrů
a techniků činných ve výstavbě a Českým svazem
stavebních inženýrů. Řídí redakční rada, vedoucí
redaktorka Marcela Klímová. Adresa redakce:
Thákurova 7, 166 29 Praha 6, tel./fax: 224 354 596,
klimova@fsv.cvut.cz, http://web.fsv.cvut.cz/obzor.
Vychází každý měsíc kromě července a srpna,
cena za výtisk je 40 Kč včetně DPH (+ poštovné a
balné). Objednávky odběru i reklamace přijímá
Ing. Milan Gattringer, MG DTP, Borovanská 3388, 143 00
Praha 4, tel./fax: 241 770 220, e-mail: mgdtp@volny.cz.
Odběr je možné zrušit až po vyčerpání zaplaceného
předplatného. Inzerce adresujte redakci. Technická
redakce a realizace: Ing. Milan Gattringer. Po-
dávání novinových zásilek povoleno Ředitelstvím
pošt Praha, č. j. NP 144/1994, ze dne 21. 10. 1994.
Do sazby 9. 1. 2006. Nevyžádané rukopisy se nevracejí.

INDEX 47 755, ISSN 1210-4027

Mezní únosnost zděných klenbových pasů

prof. Ing. Petr ŘEŘIČHA, DrSc.
Ing. Marek ČMEJLA
ČVUT – Fakulta stavební
Praha

Článek obsahuje základní rozbor výpočtu metodou konečných prvků. Výpočty byly porovnávány s výsledky ze zkušebních vzorků.

Úvod

Optimální údržba a využívání stávající dopravní infrastruktury má velký ekonomický význam. Její podstatnou součástí jsou zděné klenbové mosty a propustky pozemních komunikací, jejichž stáří je kolem sta let a tomu odpovídá velmi různý stav. Při odhadovaném počtu několika tisíc objektů není pochyb o ekonomickém významu jejich dalšího používání. K tomu má rozhodným způsobem přispět určení zatížitelnosti v souladu s ČSN 73 6220, TP 149 Ministerstva dopravy [3], [8], [11]. Regionální správci těchto objektů nutně potřebují pomůcku, která umožní statistikům odhad zatížitelnosti bez speciálních znalostí a nástrojů. V současnosti je z domácích zdrojů k dispozici jen ČSN 73 1101 a ČSN 73 6213 [8], [9], podle kterých vycházejí odhady příliš konzervativní podobně jako podle Eurokódu 6. Podobné problémy mají všechny rozvinuté země [3], [6], [10], [12]. Zatím je asi nejlepším podkladem britská směrnice MEXE [4]. Nelze ji ovšem převzít bez úprav vzhledem k historickým a geografickým rozdílům. Kromě toho se v praxi vyskytuje mnoho případů, kdy pomůcka pro konzervativní odhad nestačí. Jde zejména o důležité mosty, pro které se vyplatí přesnější ocenění. Pro tyto případy je třeba mocnější nástroj; v kontextu dnešní teorie konstrukcí se tím rozumí analytické řešení s respektováním skutečného nelineárního chování materiálu.

Byla publikována řada analytických řešení, částečný přehled viz např. v [9], [10]. Důležitým kritériem jejich kvality je spolupůsobení násypu s klenbou. Většina řešení postihuje toto spolupůsobení velmi přibližně, nosným prvkem je pouze klenba, zásyp se považuje za pasivní. Výstižnější jsou řešení metodou konečných prvků [3], která spolupůsobení i rozložení zatížení postihují inherentně. Pro toto řešení existují na Fakultě stavební ČVUT k dispozici dva vlastní výpočtové programy s prakticky neomezenou možností úprav, a dále nejméně dva komerční programové balíky.

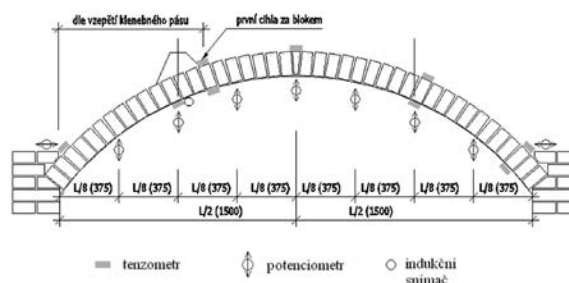
Základní koncepce řešení projektu spočívá v odvození přibližné metody, podobné MEXE, založené na poloempirických vzorcích. Pro kalibraci těchto vzorců použijeme dva výpočtové programy založené na metodě konečných prvků.

Jeden je vlastní [13], druhý komerční software ADINA [1], [2]. Ani jeden z nich se však nehodí k rutinnímu použití. V prvním kroku je třeba ověřit, zda uvedené programy mohou s dostatečnou přesností simulovat zatěžování a porušování zděných klenbových mostů. V ideálním případě se tyto metody ověří porovnáním s experimenty. Až na výjimky je třeba spoléhat na zahraniční pokusy. Kromě toho se uvažuje o porovnání s jinými publikovanými analytickými výsledky.

Výjimečnou příležitostí k částečnému ověření byly pokusy s klenbovými pasy rozpětí 3 m a vzezření 0,75 m, 1 m a 1,2 m, provedené na stavební fakultě v letech 2004/2005 v rámci doktorandského grantu [5].

Experimenty

Klenbové pasy byly postaveny z cihel formátu M15 290 x x 140 x 65. Jako plnivo mezi cihlami byla použita malta jmenovité pevnosti 2,5 MPa v tlaku. Modul pružnosti materiálu oblouku byl odhadnut na 3 000 MPa a pevnost malty v tahu 80 kPa. Tloušťka spáry mezi jednotlivými cihlami je 15 mm na vnitřní straně líce a 20 mm na vnější straně líce. Oblouky byly postaveny pomocí bednění. Způsob stavění oblouků u každého vzezření je znázorněn na obr. 1. Veškeré zkoušky byly provedeny minimálně 28 dnů po zhotovení oblouků, aby malta měla patřičnou pevnost podle normy. Odbednění proběhlo druhý den po postavení oblouku.



Obr. 1. Umístění snímačů na obloucích tenzometr, potenciometr, indukční snímač

Oblouky byly zatěžovány v jedné čtvrtině rozpětí, jak je znázorněno na obr. 1, pomocí lisu a betonového zatěžovacího bloku. Zatěžování silou lisu bylo postupné, ručně řízené s přírůstkou 0,1 kN. Při silou řízeném zatěžování nelze postihnout přechodný pokles síly při praskání malty v tahu. Na každý oblouk bylo připojeno 9 tenzometrů a 16 potenciometrů. Pro nedostatečnou citlivost potenciometrů byly v místě působení síly pro přesnější měření umístěny 2 indukční

snímače průhybu. Jejich výsledek je použit ve všech následujících porovnáních.

Výpočtové modely

V mezní únosnosti zděných kleneb má porušení tlakem malou roli. Ve všech známých případech selhání klenby jde o porušení vytvořením mechanismu v důsledku porušení materiálu v tahu. Omezíme se proto na popis chování materiálu v tahu. Výsledky měření se porovnávaly s nelineárními pružně plastickými výpočty metodou konečných prvků.

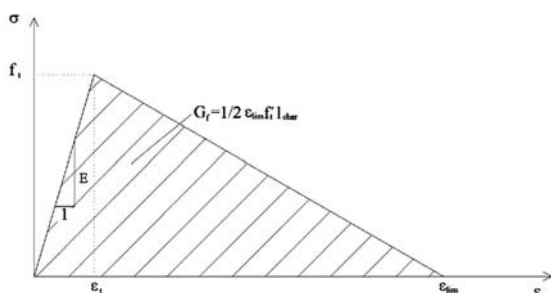
Výpočtový model [13]

Předpokládá se stav rovinné deformace v oblouku, který je modelován jako vrstvičkový model nosníku s pěti vrstvami. Materiál vrstev je pružně plastický s Rankinovou podmínkou plasticity a s lineárním změkčením [7], [13], [14].

Materiálové konstanty modelu:

- hustota $\rho = 2\,000\text{ kg/m}^3$,
- Poissonovo číslo $\nu = 0,15$,
- pevnost zdiva v tlaku (nadsazená, aby se zabránilo porušení tlakem) $f_c = 9\text{ MPa}$,
- charakteristická délka materiálu je určena délkou prvku (vzdálenosti tahových trhlin) $l_{\text{char}} = 0,15\text{ m}$,
- lomová energie malty G_f ,
- modul pružnosti zdiva (cihly + malta) E_0 ,
- pevnost zdiva v tahu (rovná pevnosti malty f_t).

Poslední tři konstanty, jejichž hodnoty nejsou uvedeny, se určují fitováním výsledků výpočtu podle jednotlivých pokusů. Tak byla určena i hodnota E , která je pro všechny pokusy stejná. Podle obr. 2 definují tyto konstanty chování materiálu při porušení jednoosým tahem. Výpočtová pevnost v tahu malty za ohybu je $f_t = 0,08\text{ MPa}$ podle norem. Lomová



Obr. 2. Pracovní diagram malty v jednoosém tahu

energie G_f je odhadnuta pro maltu, předpokládá se že trhliny vzniknou v maltě. Lomová energie betonu je kolem 40 N/m. Charakteristická délka l_{char} je přibližně rovna délce prvku podle koncepce pásu trhliny (crack-band concept). Pro mezní plastickou deformaci platí

$$\epsilon_{\text{lim}} = 2G_f / f_t l_{\text{char}}$$

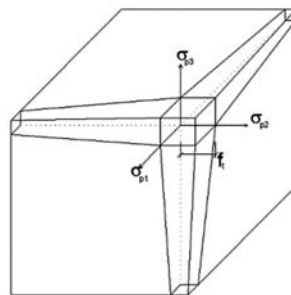
Vlastní tíha se zavádí břemeny v uzlech. Pro klenbu o vzetpětí 1 m je středový úhel jednoho prvku $\varphi_1 = 134/26 = 5,35^\circ$, délka jednoho prvku je $l_1 = R\varphi_1\pi/180 = 0,152\text{ m}$, tíha jednoho prvku je $G_1 = m_1g = l_1 \cdot 0,14 \cdot 0,29 = 0,109\text{ kN}$.

Materiálový model programu ADINA [1]

V zásadě jde o pružně plastický materiál se změkčením. Po porušení v tahu je materiál uvažován jako ortotropní se směrem ortotropie i , určeným směrem hlavního napětí σ_{pi}

v okamžiku porušení. Tento směr ortotropie si ponechává stále stejnou orientaci po celý další výpočet.

Ke zjištění, zda je materiál porušen, jsou užitá hlavní napětí, tj. modifikovaná Rankinova podmínka. Tahová pevnost materiálu v jednom hlavním směru není závislá na tahových napětích v jiných hlavních směrech, ale na tlakových napětích v jiných směrech, viz obr. 3, který znázorňuje obálku tahové pevnosti pro tříosou napjatost.



Obr. 3. Rankinova podmínka porušení s klesající pevností v tahu

Předpokládáme-li, že první hlavní napětí σ_{p1} dosáhne hodnoty mezního tahového napětí, nová tečná materiálová matice tuhosti má tvar

$$C = \begin{bmatrix} E_0\eta_n & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ & \frac{1}{1-\nu^2}E_0 & \frac{\nu}{1-\nu^2}E_0 & 0 & 0 & 0 \\ & & \frac{1}{1-\nu^2}E_0 & 0 & 0 & 0 \\ & & & \frac{E_0\eta_s}{2(1+\nu)} & 0 & 0 \\ SYM & & & & \frac{E_0\eta_s}{2(1+\nu)} & 0 \\ & & & & & \frac{E_0}{2(1+\nu)} \end{bmatrix}, \quad (10)$$

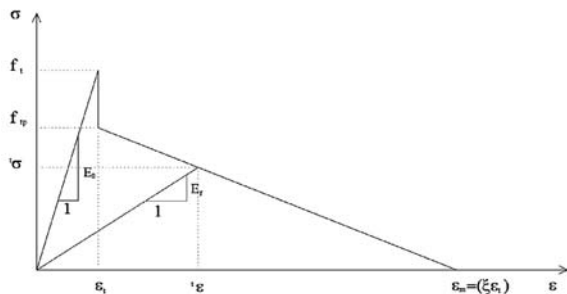
kde ν je Poissonova konstanta, E_0 je modul pružnosti materiálu.

Konstanty η_n a η_s jsou redukční faktory matice tuhosti. Ideálně je $\eta_n = 0$, tj. tuhost ve směru kolmém k rovině trhliny vymizí. Obvykle $\eta_n = 0,0001$ a $\eta_s = 0,5$. Faktor η_n není přesně roven nule, aby se vyloučila singularita matice tuhosti. Faktor smyku η_s závisí na mnoha fyzikálních faktorech. V programu ADINA je zabudována zjednodušená závislost na normálové poměrné deformaci ϵ k rovině porušení podle obr. 5.

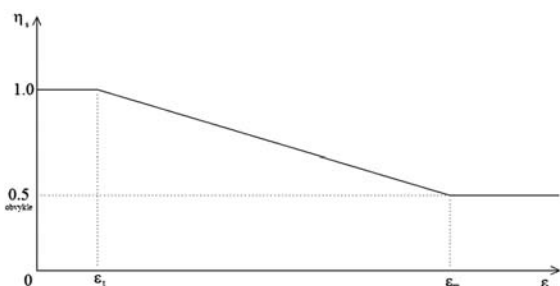
Ve standardních algoritmech nelineárních řešení je třeba kromě matice tuhosti materiálu také vypočítat přírůstek napětí pro známý přírůstek poměrné deformace. Pro výpočet tahového normálového napětí k rovině porušení σ_1 a pro výpočet smykových napětí σ_{12} , σ_{13} v této rovině se použije totální deformace ϵ_{ij} podle rovnice (2), obr. 4 a obr. 5.

$$\begin{Bmatrix} \sigma^i \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} E_f & 0 & 0 \\ & \eta_s \frac{E_0}{2(1+\nu)} & 0 \\ sym & & \eta_s \frac{E_0}{2(1+\nu)} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \epsilon^i \end{Bmatrix} \quad \begin{Bmatrix} \sigma^i \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} \sigma_1 \\ \sigma_{12} \\ \sigma_{13} \end{Bmatrix}. \quad (2)$$

Parametr E_f je okamžitá sečnová tuhost porušeného materiálu, naznačená v obr. 4. Na ose relativního protažení zde vystupuje parametr ξ , nutná vstupní hodnota programu, která definuje změkčení v oblasti tahového porušení.



Obr. 4. Pracovní diagram kvazikřehkého materiálu v jednoosém tahu, kde na ose x je normálová proměnná deformace k rovině porušení

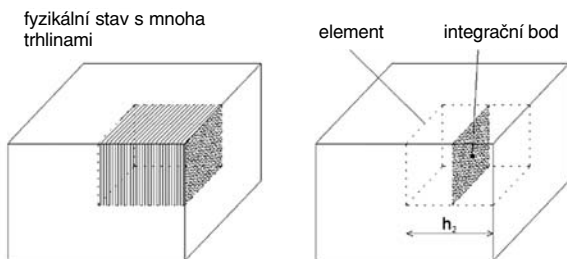


Obr. 5. Závislost faktoru smyku η_s na normálové proměnné deformaci k rovině porušení

Lomová energie G_f je číselně rovna ploše pod křivkou v tahové oblasti v obr. 4, násobené vzdáleností trhlin. V konečném prvku je minimální vzdálenost trhlin rovna vzdálenosti integračních bodů h_2 (obr. 6). Pro maltu předpokládáme $f_{tp} = f_t$, pracovním diagramem bude tedy trojúhelník. Protože parametr změkčení ξ znamená, kolikrát je celková deformace v tahovém porušení ϵ_m větší než tahová deformace ϵ_t odpovídající tahové pevnosti f_t , snadno získáme vztah mezi lomovou energií a parametrem změkčení

$$\xi = \frac{\epsilon_m}{\epsilon_t} = \frac{\epsilon_m E_0}{f_t} = \frac{2E_0 G_f}{f_t^2 h_2} \quad (3)$$

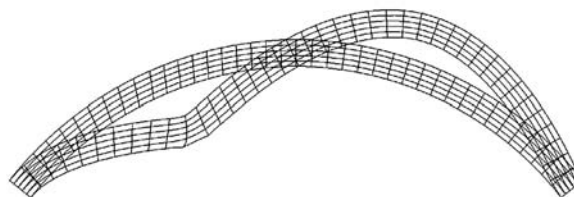
ADINA poskytuje možnost volby buď parametru ξ , nebo lomové energie G_f . V případě volby ξ závisí lomová energie na hustotě sítě. Při volbě G_f je pracovní diagram v tahu podle obr. 4 obecně jiný pro každý prvek v závislosti na h_2 .



Obr. 6. Souvislost skutečného porušení trhlínami a vzdálenosti integračních bodů h_2 (v tomto případě zastupuje h_2 charakteristickou délku materiálu)

Porovnání výpočtů a měření

Pro stručnost zde uvádíme porovnání výsledků jen pro oblouk o vzepětí 1 m. Pro ostatní vzepětí jsou výsledky podobné.

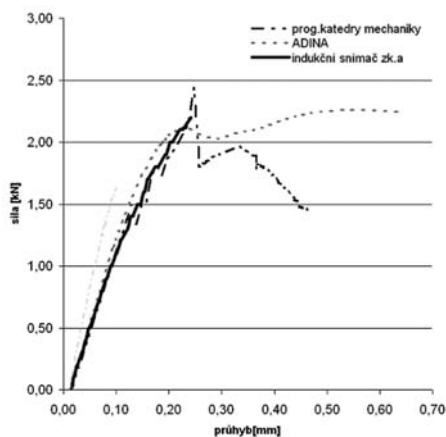


Obr. 7. Tvar oblouku před deformací a po deformaci



Obr. 8. První hlavní napětí při dosažení mezího zatížení

Zatěžování oblouku v programu ADINA probíhalo po krocích metodou LDC – zatěžování kontrolovaným posunem s použitou iterační metodou BFGS. Materiálové konstanty výpočtového modelu v programu ADINA i program Katedry mechaniky FSv byly fitovány podle výsledků pokusu. Oba programy shodně nafitovaly $E = 5 \text{ GPa}$, $f_t = 140 \text{ kN}$. V programu [13] bylo zadáno $\epsilon_m = 0,001$, $\Rightarrow G_f = 0,010 \text{ kN/m}$. V programu ADINA bylo zadáno $G_f = 0,015 \text{ kN/m}$. Výpočty obou programů zahrnují počáteční průhyb (obr. 9) a napětí od vlastní tíhy, které dává oblouku tlakové předpětí, bez něhož je únosnost podstatně menší.



Obr. 9. Graf závislosti zatěžovací síly na deformaci ve svislém směru v místě zatěžování

Výpočet v našem programu vykazuje značný přechodný pokles síly po dosažení pevnosti zdiva v tahu při průhybu cca 0,15 mm. Tento pokles nemůže silou řízený pokus ukázat. Po dosažení mezího zatížení nastává u takového pokusu neřízený pokles síly a další průběh zkoušky nemá význam. Proto jsou v obr. 9 záznamy indukčních snímačů po dosažení maxima ukončeny. Ke sledování skutečné závislosti síly na průhybu je třeba použít deformací řízený stroj (LDC), tak jak je deformací řízen výpočet. Výpočty u obou programů vykazují náhlý pokles pevnosti při průhybu cca 0,22 mm odpovídající přibližně vzniku čtvrtého kloubu.

Závěr

Z porovnání výpočtů a měření vyplývá, že výpočtové programy jsou použitelné ke zjišťování materiálových parametrů oblouků a lze jimi případně i určit únosnost neporušených oblouků, pokud budou známy jejich materiálové parametry. Naměřené výsledky experimentálních zkoušek na obloucích prováděných na stavební fakultě nebyly dostatečně přesné a reprodukovatelné. Pro každé ze tří rozpětí oblouků byly provedeny tři zkoušky, avšak výsledky měření měly velký rozptyl. Poměrně nejlepších výsledků bylo dosaženo u oblouku o rozpětí 1 m (*obr. 9*). Ani pro toto vzepětí nejsou ovšem dostatečným podkladem pro průměrování či jiné statistické vyhodnocení. Pro určení únosnosti oblouku by bylo zapotřebí provést více zkoušek za stejných počátečních podmínek.

Článek vznikl za podpory projektu č. 1F55A1005/120 MD ČR „Spolehlivost a zatížitelnost zděných klenbových mostů“.

Literatura

- [1] Automatic Dynamic Incremental Nonlinear Analysis, verze 8.1.3. [Manual], Watertown, Adina R & D 2004.
- [2] Bathe, K. J. – Dvorkin, E. N.: On the Automatic Solution of Nonlinear Finite Element Equations. J. Computers and Structures, 1983, Vol. 17, No. 5-6, pp. 871–879.
- [3] CTAP, Masonry arch Assessment Package. [Manual], University of Wales Cardiff, Mott MacDonald 1990.
- [4] Design Manual for Roads and Bridges, Vol. 3, Section 4, Part 4. The Assessment of Highway Bridges and Structures. [Technical Report], London, Department of Transport 2001.
- [5] Dvorský, T.: Zděné klenbové přespané mosty. [Dizertace], Praha, ČVUT – Fakulta stavební 2005.
- [6] Fanning, P. – Boothby, T. – Roberts, B.: Modelling, Assessment, and Load Rating of Masonry Arch Bridges. Us National Research Council, Transportation Report Board 2000.
- [7] Chen, W.: Nonlinear Analysis in Soil Mechanics. Amsterdam, Elsevier 1990, pp. 139–370.
- [8] Kukaň, V. – Hrdoušek, V. – Podolka, L.: Zpřesnění a úprava metodiky stanovení zatížitelnosti mostů pozemních komunikací, zděné klenbové mosty. [Zpráva], projekt č. S203/120/705/97 MD, Příloha 4. Praha, ČVUT – Fakulta stavební 2005.
- [9] Kukaň, V.: Zpřesnění a úprava metodiky stanovení zatížitelnosti mostů pozemních komunikací, zděné klenbové mosty. [Zpráva], projekt MDS č. 303/120/705/97 MD, Příloha 4. Praha, ČVUT – Fakulta stavební 2005.
- [10] Sinopoli, A.: Arch Bridges, History, Analysis, Assessment, Maintenance and Repair. Rotterdam, Balkema 1998.
- [11] Tabulky zatížitelnosti klenbových mostů. Praha, Ministerstvo vnitra a ŽP ČSSR, správa pro dopravu 1989.
- [12] UIC CODE 778-3/R/ Recommendations for the Assessment of the Load Carrying Capacity of Existing Masonry and Mass-Concrete Bridges. Paris, International Union of Railways, 1995.
- [13] Řeřicha, P.: Static and Dynamic Limit Loads of Reinforced Concrete Structures. CTU Reports, Vol. 4, Praha, ČVUT 2000.
- [14] Šejnoha, J. – Kufner, V.: Pružnost – pevnost – plasticita III. [Učební text], Praha, ČVUT 1990.

Řeřicha, P. – Čmejla, M.: Limit Loading Capacity of Masonry Vault Flanges

This article presents a fundamental calculation analysis by the finite element method. The calculations were compared with the results obtained from test samples.

Řeřicha, P. – Čmejla, M.: Grenztragfähigkeit gemauerter Gewölbegurte

Der Artikel enthält eine grundlegende Analyse der Berechnung mit der Methode der finiten Elemente. Die Berechnungen wurden mit den Ergebnissen von Probekörpern verglichen.



Soutěž o cenu ČSVTS

Cílem soutěže, jejímž vypisovatelem je Český svaz vědeckotechnických společností, je získat především mladé odborníky pro činnost v aktivitách organizovaných jejími společnostmi a umožnit jim konzultace se zahraničními odborníky formou účasti na mezinárodních konferencích, případně formou studijních stáží na zahraničních univerzitách a výzkumných pracovištích.

Soutěž, vyhlášená k 1. lednu 2006, je určena pro uchazeče, kteří v roce 2006 dosáhnou maximální věkové hranice 35 let bez omezení státní příslušnosti. Podaná práce může vycházet z diplomové, doktorské či jiné absolventské práce nebo může být samostatnou odbornou prací nebo projektem. Téma není specifikováno, musí však odpovídat odbornému zaměření některé z členských společností ČSVTS. Hodnotit se bude originalnost řešení, aplikovatelnost v praxi, odborný, ekonomický a společenský přínos a formální úroveň zpracování. Řešení nesmí mít negativní dopad na životní prostředí.

Cena za nejlepší práci ve výši 100 tis. Kč může být využita na základě rozhodnutí oceněného i k úhradě účasti na zahraniční konferenci či studijního pobytu. Při nedostatku přihlášených řešení si vyhlášený soutěž vyhrazuje právo tuto cenu neudělit, popř. udělit druhou a třetí cenu, jestliže další přihlášené práce budou mít vysokou odbornou úroveň. Konečný termín doručení soutěžních návrhů je **31. prosince 2006**, výsledky budou vyhlášeny 15. března 2007. Ceny budou slavnostně předány na jarní valné hromadě ČSVTS 2007.

Vliv opakovaných extrémních zatížení na ohybovou únosnost zdiva

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

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

Článek je věnován opakovanému zatížení od výbuchu na stěnu z cihelného zdiva. Při extrémních zatíženích, o délce trvání několika sekund a velikosti zpravidla přesahující normovou únosnost, dochází k viditelným poruchám zdiva, které se projevují trhlinami ve zdících prvcích a ve výplni spár. Důsledkem je snižování zbytkové únosnosti zdiva a změna jeho mechanických vlastností; především jde o pokles modulu přetvárnosti zděné konstrukce a tomu odpovídající nárůst průhybů a změnu spektra vlastních frekvencí. Dále jsou porovnány výsledky experimentů provedených na skutečné konstrukci a výpočtů konstrukce modelované na počítači. Cílem je prognóza změn mechanických vlastností zdiva opakovaně zatěžované konstrukce až do okamžiku její havárie.

Úvod

Při zatížení budov tlakovou vlnou jsou zděné konstrukce stěn a příček namáhány především ohybem. U tlakových vln s délkou trvání v řádu sekund lze očekávat odezvu konstrukce přibližně jako kvazistatickou – tedy pokud je doba působení tlakové vlny dostatečně dlouhá v porovnání s periodou nejnižší vlastní frekvence ohybového kmitání. Dynamická složka odezvy, kterou představuje kmitání konstrukce na nejnižších vlastních tvarech, je pak relativně malá.

Kromě ohybu od působení tlakové vlny je zděná stěno-desková konstrukce také předepnuta zatížením od své vlastní tíhy a od případného stálého zatížení z vyšších podlaží. I přes toto statické přetížení je však rozhodujícím normovým kritériem pro posouzení bezpečnosti konstrukce pevnost zdiva v tahu za ohybu [1].

Překročení normové návrhové pevnosti zdiva podle [1] nemusí nutně vést k celkové havárii konstrukce, a dokonce přetvoření takto „přetížené“ konstrukce mohou být stále v lineárně pružné oblasti bez zbytkových trvalých přetvoření. To ovšem znamená, že normová pevnost zdiva podle [1] není skutečnou pevností, ale smluvenou hodnotou s jistotou dostatečně vysokou bezpečností. Článek je zaměřen na odvození charakteristik degradace materiálu konstrukce při opakovaných zatíženích až do okamžiku porušení konstrukce, a to na základě porovnání experimentálně získaných výsledků s výpočty odezvy výpočetního modelu.

Konstrukce a její charakteristiky

Experimentální část práce probíhala ve spolupráci s Vědeckovýzkumným uhelným ústavem v Ostravě-Radvaních. Do pokusné štoly ve Štramberku byla vestavěna opěrná železobetonová přehradní konstrukce, která umožnila po-

stupně provádět zkoušky na zděných příčkových konstrukcích různé tloušťky [4], [7]. Zdi byly postaveny z plných cihel formátu $290 \times 140 \times 65$ mm pevnostního označení P10 a vápenocementové malty značky 4 pro zeď 65 mm a značky 10 pro zeď 290 mm.

Pro výpočtovou část práce byl vytvořen model konstrukce, který zahrnoval opěrnou železobetonovou přehradní konstrukci štoly, zděnou příčku a válcované ocelové profily, do kterých byla zděná příčka vetknuta (obr. 1). Příčka o rozměrech $2\,200 \times 2\,575$ mm byla uvažována jako vetknutá do ocelového rámu z válcovaných profilů U. Tloušťka modelované příčky byla variantně 65 mm nebo 290 mm.

Materiálové charakteristiky zděných příček podle [1]:

– pro zeď o tloušťce 65 mm z cihel P10 a malty značky 4:

pevnost v dostředném
a mimostředném tlaku $R_d = 0,90$ MPa

pevnost v tahu za ohybu
v rovné spáře $R_{tfd} = 0,02$ MPa

sečnový modul přetvárnosti pro $\alpha = 500$ a $k_m = 2,1$:

pro nezatíženou zeď $E_{def1} = 945$ MPa

pro napětí na mezi pevnosti $E_{def1} = 720$ MPa

pro napětí odpovídající

dvojnásobku pevnosti $E_{def1} = 414$ MPa

tečnový modul přetvárnosti
pronapětí na mezi pevnosti $E_{def2} = 536$ MPa

Poissonovo číslo $\nu = 0,15$

– pro zeď o tloušťce 290 mm z cihel P10 a malty značky 10:

pevnost v dostředném
a mimostředném tlaku $R_d = 1,00$ MPa

pevnost v tahu za ohybu
v rovné spáře $R_{tfd} = 0,04$ MPa

sečnový modul přetvárnosti pro $\alpha = 750$ a $k_m = 2,1$:

pro nezatíženou zeď $E_{def1} = 1\,575$ MPa

pro napětí na mezi pevnosti $E_{def1} = 1\,200$ MPa

pro napětí odpovídající

dvojnásobku pevnosti $E_{def1} = 690$ MPa

tečnový modul přetvárnosti
pro napětí na mezi pevnosti $E_{def2} = 893$ MPa

Poissonovo číslo $\nu = 0,15$

Zatížení a odezva konstrukce

Experimentální konstrukce byla opakovaně zatěžována výbuchy metanovzdušné směsi v komoře za rubem přehradní stěny [7]. Na obrázku 2 je uveden časový průběh při jednotlivých zkouškách, hodnoty jsou zaznamenány po přepočtení na stejnou intenzitu. Podobnost tvaru zatěžovacích křivek, a tedy i velmi podobný způsob zatížení konstrukce, jsou zřejmé. Průběh zkoušky 7 je atypický, protože došlo k destrukci zděné příčky.

Tab. 1. Maximální charakteristiky zatížení a odezvy cihelné zdi tloušťky 65 mm

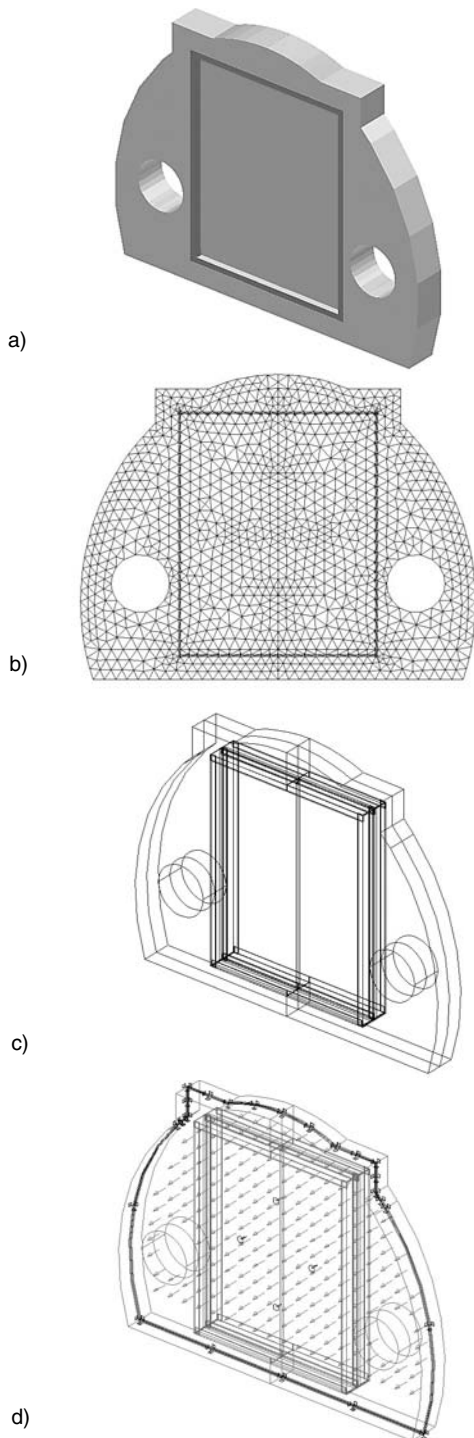
Číslo	p_{\max} [kPa]	y_{\max}	y^*_{\max}	E_{def} [MPa]	σ_c	σ_t	σ_s	$r_{\text{říd}}$ [-]	ψ [deg]	ψ^* [%]
		[mm]								
měření č. 4, zkouška										
2	6,23	neměřen								
3	2,09	4,821	2,3064	732	412	664	807	40	0,552	18
4	2,41	6,506	2,7007	629	475	765	930	46	0,746	25
5	6,76	22,640	3,3470	512	1 333	2 149	2 611	131	2,594	86
6	6,72	23,952	3,5645	494	1 324	2 135	2 594	130	2,744	91
7	5,79	destrukce								
měření č. 5, zkouška										
1	5,23	12,859	2,4573	693	1 031	1 662	2 020	101	1,473	49
2	4,30	9,618	2,2378	750	847	1 365	1 659	83	1,102	37
3	3,75	9,144	2,4377	698	739	1 192	1 448	72	1,048	35
4	7,06	destrukce								
výpočet										
A	1,00	2,145	2,1450	774	197	325	389	19	0,246	8
B	1,00	3,058	3,0580	536	194	316	391	20	0,350	12
C	1,00	6,252	6,2524	268	200	312	378	19	0,716	24

Veličiny pro tab. 1 a tab. 2

E_{def} – modul přetvárnosti	σ_t – maximální tahové napětí u horního okraje zdi
p_{\max} – maximální přetlak zatížení	σ_s – maximální tahové napětí u bočního okraje zdi
y_{\max} – maximální průhyb	$r_{\text{říd}}$ – násobek překročení návrhové pevnosti v tahu za ohybu
y^*_{\max} – průhyb přepočtený pro maximální přetlak 1 kPa	ψ – natočení středu stěny
σ_c – maximální tahové napětí ve středu zdi	ψ^* – dosažení úhlu lomu ve středu stěny (3 deg)

Tab. 2. Maximální charakteristiky zatížení a odezvy cihelné zdi tloušťky 290 mm

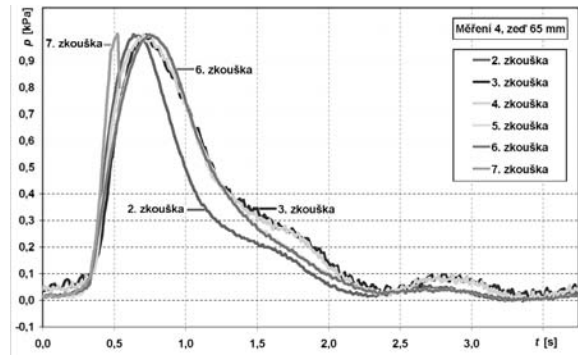
Číslo	p_{\max} [kPa]	y_{\max}	y^*_{\max}	E_{def} [MPa]	σ_c	σ_t	σ_s	$r_{\text{říd}}$ [-]	ψ [deg]	ψ^* [%]
		[mm]								
měření č. 3, zkouška										
1	20,50	0,183	0,0089	2 016	201	349	386	10	0,021	0,7
2	42,00	0,450	0,0107	1 841	412	714	791	20	0,052	1,7
3	38,00	0,396	0,0104	1 869	372	646	716	18	0,045	1,5
4	52,00	0,580	0,0112	1 796	510	884	980	24	0,066	2,2
5	93,00	1,381	0,0149	1 432	911	1 581	1 752	44	0,158	5,3
6	39,09	0,452	0,0116	1 757	383	665	736	18	0,052	1,7
7	67,08	0,922	0,0137	1 541	657	1 140	1 264	32	0,106	3,5
8	109,25	1,980	0,0181	1 153	1 071	1 857	2 058	51	0,227	7,6
9	51,08	0,808	0,0158	1 337	501	868	962	24	0,093	3,1
výpočet										
A	1,00	0,013	0,0134	1 575	9,8	17,1	18,4	0,5	0,002	0,1
B	1,00	0,017	0,0172	1 200	9,8	17,1	18,4	0,5	0,002	0,1
C	1,00	0,026	0,0257	774	9,8	16,9	19,1	0,5	0,003	0,1
D	1,00	0,036	0,0363	536	9,8	170	18,8	0,5	0,004	0,1
E	1,00	0,071	0,0709	268	9,8	16,9	19,5	0,5	0,008	0,3



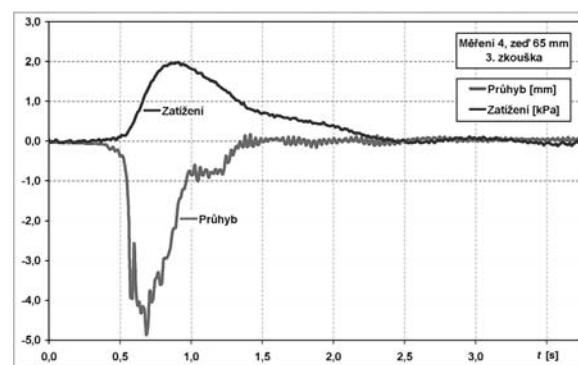
Obr. 1. Výpočtový model tvaru přehradní stěny s vestavěnou zděnou příčkou
 a – celkový pohled na přehradní konstrukci, b – rozdělení na konečné prvky, c – tvar opěrné železobetonové konstrukce s výstužnými rámy, d – okrajové podmínky: umístění 4 snímačů zrychlení směr působení zatížení

Odezva zděné konstrukce na zatížení byla měřena v průhybech a ve zrychlení kmitání. Příklady časových průběhů zatížení a odpovídajících průhybů jsou uvedeny na obr. 3. Maximální dosažené průhyby jsou spolu se zatížením a dalšími charakteristikami uvedeny v tab. 1 (pro zeď tl. 65 mm) a v tab. 2 (pro zeď tl. 290 mm).

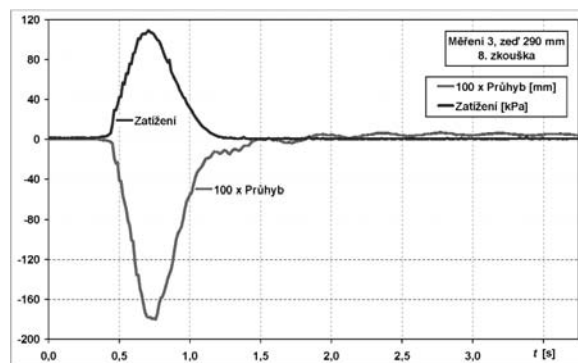
Výpočty byly provedeny variantně pro rozmezí modulu přetvárnosti zdiva E_{def} stanovené v předchozím oddíle. Růz-



Obr. 2. Časový průběh zatížení přepočtený na amplitudu 1 kPa, měření č. 4 na zdi tl. 65 mm

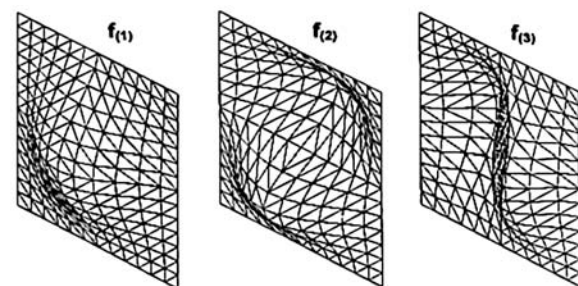


a)



b)

Obr. 3. Časový průběh zatížení a průhybu ve středu stěny
 a – měření č. 4 na zdi tl. 65 mm, 3. zkouška; b – měření č. 3 na zdi tl. 290 mm, 8. zkouška

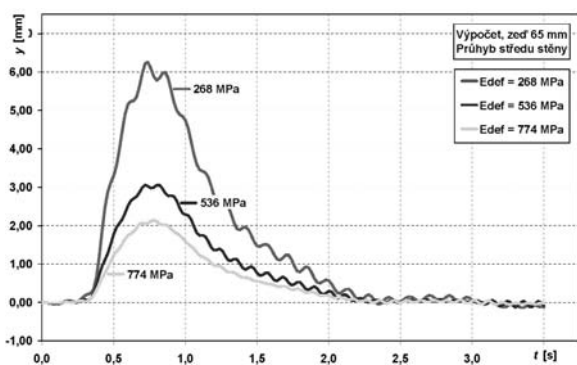


Obr. 4. Tři nejnižší vlastní tvary kmitání zděných příček v přehradní konstrukci

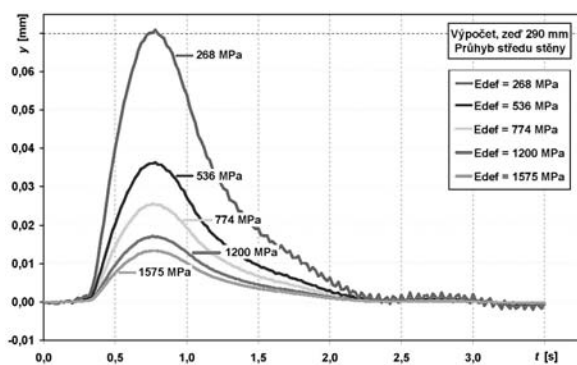
Tab. 3. Posun nejnižších tří vlastních frekvencí cihelných přiček s klesajícím modulem přetvárnosti E_{def}

E_{def} [MPa]	Zeď tl. 65 mm			Zeď tl. 290 mm		
	vlastní frekvence [Hz]					
	$f_{(1)}$	$f_{(2)}$	$f_{(3)}$	$f_{(1)}$	$f_{(2)}$	$f_{(3)}$
1 575	–	–	–	77,46	223,22	223,60
1 200	–	–	–	68,52	195,53	208,21
774	12,92	22,96	29,43	55,89	157,67	168,77
536	10,77	19,14	24,52	45,67	128,01	137,44
268	7,64	13,58	17,39	33,52	93,26	100,46

né moduly přetvárnosti byly použity jak při výpočtu vlastního kmitání, tak u odezvy konstrukce na časový průběh zatížení. Tři nejnižší vlastní frekvence jsou uvedeny v tab. 3 a jim odpovídající vlastní tvary na obr. 4. Časový průběh odezvy (v průhybech) při buzení naměřeným časovým průběhem zatížení uvádí obr. 5. Použita byla zatěžovací křivka z měření č. 4 a ze zkoušky 6. Jako další charakteristiky odezvy, jako napětí a pootočení, jsou uvedeny pouze jejich maximální hodnoty (tab. 1, tab. 2).



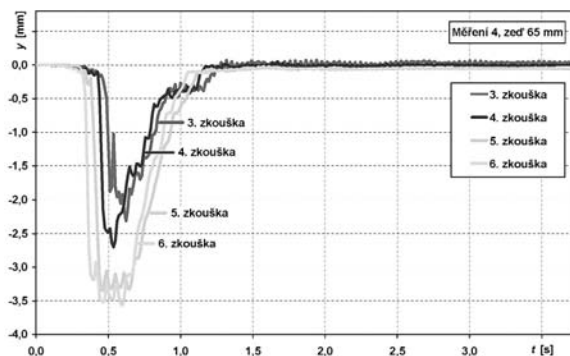
a)



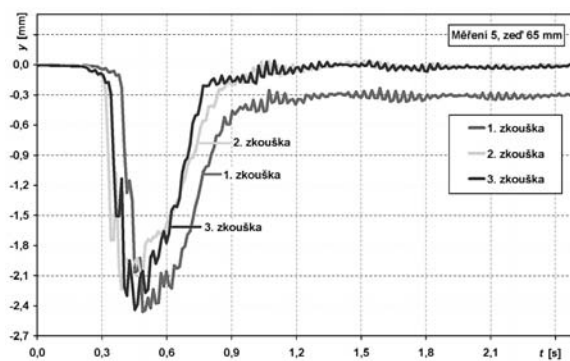
b)

Obr. 5. Průhyby ve středu konstrukce pro variantní moduly přetvárnosti E_{def}
a – zeď tl. 65 mm, b – zeď tl. 290 mm

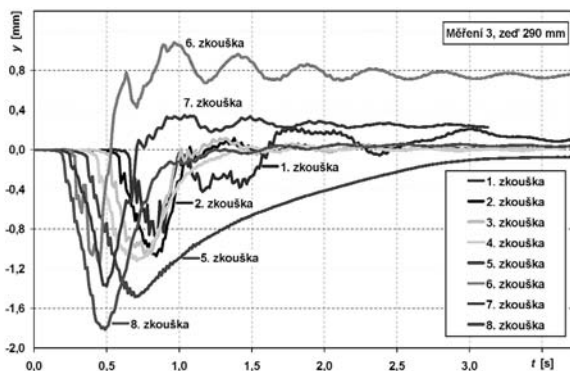
Průběh odezvy zděných přiček v poměrných průhybech ve středu stěny při jednotlivých zkouškách je seřazen na obr. 6; velikost průhybů byla přepočtena pro „normalizovaný“ průběh zatížení s amplitudou přetlaku 1 kPa. Pokud tedy například při měření č. 4 a zkoušce 3 byl průhyb středu zdi ve skutečnosti 4,82 mm při tlaku 2,09 kPa, pak pro „normalizovanou“ časovou funkci zatížení je poměrný průhyb $4,82/2,09 = 2,306$ mm.



a)



b)



c)

Obr. 6. Průhyby pro opakované zatížení přepočtené na amplitudu zatížení 1 kPa
a – měření č. 4 na zdi tl. 65 mm, b – měření č. 5 na zdi tl. 65 mm,
c – měření č. 3 na zdi tl. 290 mm

Trhliny v konstrukci a její odezva

V průběhu experimentu byly po přestálém zatížení výbuchem zjištěny v konstrukci zdiva trhliny. Jsou jimi porušeny samotné zdicí prvky (cihly), ale také některé spáry mezi cihlami. Na obrázku 7 jsou fotografie poškozené části zdiva se zvýrazněnými trhlinami. Nepravidelně rozmístěné svislé trhliny jsou důsledkem ohybové napjatosti ve zdivu, tedy tahu ve směru kratšího rozpětí.

V dalším postupu byl učiněn pokus modelovat trhliny ve výpočetním modelu a stanovit jejich vliv na odezvu konstrukce. Ve spojitě deskové konstrukci zdiva o tloušťce 65 mm a 290 mm byla vytvořena zeslabená místa s tloušťkou pouze 10 mm. Takový model zajišťuje spojitost vnitřních sil a deformací i přes „umělé“ trhliny, a zároveň tyto trhliny fungují jako vložený kloub, resp. kloubová linie. Model takto uměle porušené zdi se 60 trhlinami o rozměrech 10×70 mm je na obr. 8. Výpočtem byla sledována změna nejnižších vlast-

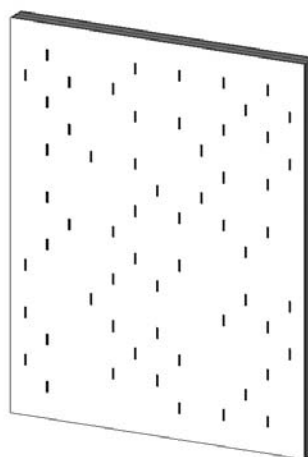


Obr. 7. Zděné příčky v přehradní konstrukci
 a – část tl. 65 mm se zvýrazněnými trhlinami, b – část tl. 290 mm se zvýrazněnými trhlinami, c – havarovaná zeď tl. 65 mm

Tab. 4. Posun tří nejnižších vlastních frekvencí a průhybu ve středu zdi tl. 65 mm při modelování trhlin pro modul přetvárnosti $E_{def} = 536 \text{ MPa}$

Počet trhlin	Vlastní frekvence [Hz]			Průhyb y_{max} [mm]
	$f_{(1)}$	$f_{(2)}$	$f_{(3)}$	
60	10,67	19,02	24,23	3,12
0	10,77	19,14	24,52	3,06

ních frekvencí. Z hodnot uvedených v tab. 4 je zřejmé, že změna vlastních frekvencí v důsledku uměle vytvořených trhlin není podstatná. Vlastní tvary kmitání se pro takto upravený model nezměnily.



Obr. 8. Výpočtový model zdi tl. 65 mm s trhlinami

Lze tedy říct, že dominantní vliv na změnu ohybové tuhosti konstrukce jako celku mají při opakovaném zatížení především mikrozmeny ve vlastním materiálu konstrukce; především degradace jeho materiálových charakteristik. Tyto změny nejsou na rozdíl od trhlin pozorovatelné a při výpočtu je nutné je zohlednit změnou použitého modulu přetvárnosti.

Mikrozmeny při opakujícím se zatížení

Při opakovaném zatěžování se u obou zděných konstrukcí projevuje nárůst průhybů (obr. 6). V oblasti lineárně pružných deformací a po odeznění výbuchového zatížení se u většiny zkoušek vrací do původní nulové pozice, bez zbytkového trvalého přetvoření. Pouze v několika případech zůstala u zdi tloušťky 290 mm v místě připojení snímače průhybu trvalá naměřená deformace v řádu zlomku milimetrů, způsobená zřejmě smykovým posuvem cihly ve spáře. U citlivější tenké zdi tloušťky 65 mm se tento zbytkový trvalý průhyb prakticky neprojevil.

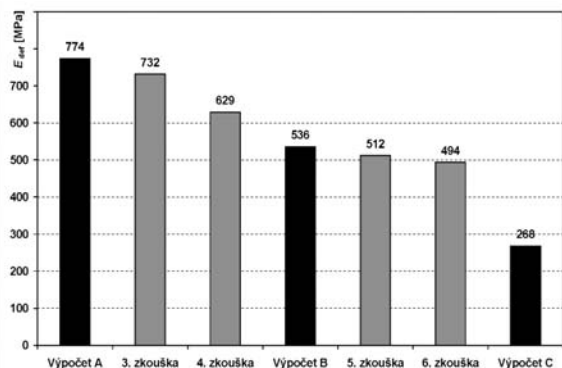
Narůstající pružný průhyb zděné konstrukce ve směru působení ohybového zatížení lze vysvětlit změnou pevnostních charakteristik zdiva, tedy především jeho integrální veličiny modulu přetvárnosti E_{def} . Podle ČSN 73 1101 [1] je sečnový modul přetvárnosti E_{def} udáván ve dvou intervalech v závislosti na velikosti poměru skutečného napětí ve zdivu σ a výpočtové pevnosti zdiva v tlaku R_d , a sice pro intervaly

$$0 < \sigma < 2/3 \cdot k_m \cdot R_d \quad \text{a} \quad 2/3 \cdot k_m \cdot R_d < \sigma < k_m \cdot R_d$$

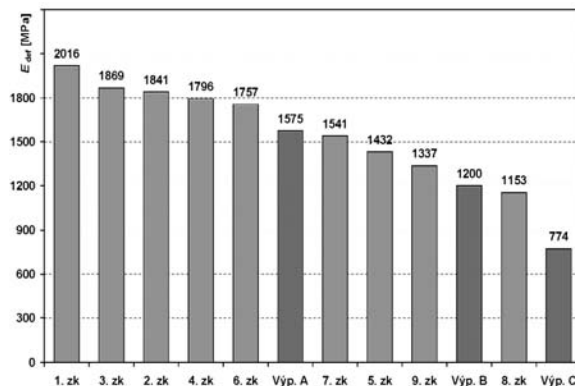
To znamená, že norma umožňuje stanovit pro konstrukci modul přetvárnosti až do k_m -násobku výpočtové pevnosti zdiva v tlaku R_d . Z experimentálního ověřování odezvy obou zděných konstrukcí různé tloušťky vyplynulo, že modul E_{def} pro počáteční dvoutřetinový interval lze použít pouze pro počáteční (první) zatížení konstrukce. Při opakovaném zatížení tento modul razantně klesá až na přibližně dvoutřetinové hodnoty (obr. 10), nikoli však níže, než je uvedeno v normě [1] pro zatížení v blízkosti dvojnásobku překročení meze pevnosti v tlaku.

Dalším výsledkem ověřování vlastností ohybově namáhaného zdiva je skutečnost, že normová mez pevnosti zdiva

v tahu za ohybu R_{td} je stanovena s více než řádovou bezpečností. V tabulkách 1 a 2 jsou přibližně dopočteny hodnoty násobku překročení pevnosti zdiva v tahu za ohybu R_{td} při experimentálním zatížení. O způsobu porušení zdiva však tato mez pevnosti v tahu za ohybu R_{td} nerozhoduje. Překročení meze pevnosti R_{td} , ať již zdiva jako celku, nebo jeho jednotlivých prvků (cihel a maltové výplně spár), sice vede ke vzniku trhlin, ale trhliny samy ztrátu stability zdiva a jeho celkovou havárii nezpůsobují.



a)



b)

Obr. 9. Degradace modulu přetvárnosti E_{def} při opakovaném zatížení
a – výpočty a měření na zdi tl. 65 mm, b – na zdi tl. 290 mm

Způsob celkové destrukce příčkové konstrukce

Při ohybovém zatížení zděné konstrukce rozhoduje o jejím porušení především vliv nadměrného průhybu. Kritériem porušení je mezní pootočení (úhel lomu), které je definováno jako úhel, který svírají dvě tuhé desky po vytvoření plastických kloubů ve středu a na okrajích rozpětí konstrukce v době těsně před porušením. Podle výsledků experimentů je tento úhel pro zdivo přibližně 3° . V literatuře [9] je udávána tato veličina pro železobeton hodnotou od $2,3^\circ \sim 3,4^\circ$ (podle A. A. Gvozdeva) až po $5,7^\circ$ (podle R. Saligera a E. Bittnera). V našem případě je úhel ψ mezního pootočení definován

$$\psi = 2 \arctg(2y/l),$$

kde y je maximální dosažený průhyb desky (ve středu rozpětí) a l rozpětí konstrukce v kratším směru.

Pokud bychom celkové porušení konstrukce odvozovali z normové pevnosti zdiva v tahu za ohybu, pak její bezpečnost před celkovou havárií je více než stonásobná. Dosažené natočení ψ a velikost překročení pevnosti zdiva v tahu za ohybu jsou zřejmé z tab. 1 a tab. 2. U zdi tloušťky 65 mm se podařilo její zatěžování až do okamžiku celkové havárie. U zdi tloušťky 290 mm k celkové havárii nedošlo – vzhledem k vybavení a možnostem pokusné štolky nebylo dále možné intenzitu výbuchového zatížení zvyšovat.

Pro danou geometrickou konfiguraci zkoušených zdí bylo rozhodující mezní natočení zdiva ve směru kratšího (vodorovného) rozpětí ve střední části konstrukce. To dokumentuje i fotografie na obr. 7c, ze které je zřejmé, že při destrukci příčky se uvolnila přibližně čtvercová část zdiva ve střední části a oddělila se od nepoškozené části ve vodorovných spárách horní a dolní části konstrukce.

Změny vlastností při opakujícím se zatížení

Průhyby zděné konstrukce zjištěné v průběhu zkoušky umožňují porovnat předpokládaný vypočtený průhyb při zavedení do výpočtů variantně jednotlivých možných rozmezí modulu přetvárnosti. Z porovnání výsledků variant výpočtů A až E a naměřených maximálně dosažených průhybů bylo možné stanovit hodnoty modulu přetvárnosti pro jednotlivá zatížení.

Výsledky jsou uvedeny pro obě varianty zdiva na obr. 9. Z obrázků je zřejmé, že modul přetvárnosti E_{def} při opakovaném zatížení konstrukce v blízkosti výpočtové meze pevnosti nebo nad ní klesá přibližně lineárně. Protože moment setrvačnosti průřezu se v průběhu jednotlivých zatížení nemění, platí odvozený trend závislosti pro modul přetvárnosti i pro ohybovou tuhost průřezu. Podrobnější údaje o napjatosti v konstrukci při jednotlivých zkouškách jsou zřejmé z tab. 1 a tab. 2.

Závěr

Článek je zaměřen na analýzu odezvy zděné cihelné konstrukce při kvazistatickém namáhání ohybem v důsledku působení tlakové vlny výbuchu v délce trvání několika sekund. Odvozené závěry vyplývají z porovnání numerické analýzy problému s výsledky experimentů provedených na zdech o tloušťkách 65 mm a 290 mm. Na charakter přetváření konstrukce, a tedy i na její správné modelování, má rozhodující vliv historie zatížení. U zděné konstrukce vystavené opakujícímu se zatížení je dominantní změnou její odezvy nárůst průhybu. Zvětšování průhybu je způsobeno především postupnou degradací materiálových vlastností zdiva, které se projevuje snižováním ohybové tuhosti.

Ohybovou tuhost materiálu popisuje modul přetvárnosti E_{def} , který pro opakované namáhání v blízkosti meze pevnosti postupně klesá přibližně až na dvě třetiny počáteční hodnoty. V porovnání s hodnotami stanovenými podle ČSN 73 1101 [1] lze konstatovat, že normové moduly přetvárnosti jsou celkově nižší než experimentálně naměřené, v řádu jednotek až desítek procent. Rovněž lze doporučit pro namáhání blízké pevnosti zdiva použít sečnové hodnoty modulu přetvárnosti.

Pro rychlost poklesu modulu přetvárnosti je rozhodující opakované zatížení, při nichž je dosažena nebo překročena mez pevnosti materiálu v tlaku. Při jednotlivých zatíženích v okolí nebo nad mezí pevnosti dochází ke vzniku trhlin ve zdicích prvcích i v maltové výplni spár. I při značném rozvoji trhlin a poklesu ohybové tuhosti však konstrukce jako celek nehavaruje.

Pro posouzení okamžiku celkové havárie konstrukce je rozhodující dosažení mezního průhybu, který odpovídá natočení střednice konstrukce a dosažení úhlu lomu. S opakujícím se zatížením klesá ohybová tuhost a průhyb konstrukce roste, takže mezního průhybu může být později dosaženo i při menším zatížení, než jaké konstrukce předtím již přestála.

Z měření a výpočtů lze závěrem shrnout, že po zatížení zděné stěny na mezi její pevnosti nelze z pevnosti zdíva v tahu za ohybu usuzovat na rozsah poškození konstrukce. Zdivo i při výrazném, a dokonce řádovém překročení této tahové pevnosti, se sice poruší trhlinami, ale přetváří se dále bez výrazných trvalých deformací. Při opakovaném zatížení na mezi pevnosti však může degradace ohybové pevnosti materiálu způsobit dosažení mezního průhybu, při kterém se konstrukce poruší.

Článek vznikl za podpory projektu č. 103/03/0082 GA ČR „Nelineární odezva konstrukcí při mimořádných zatíženích a zatíženích způsobených pohybem člověka“.

Literatura

- [1] ČSN 73 1101 Navrhování zděných konstrukcí. ČSN, 1980.
- [2] Makovička, D.: Failures of Masonry Structures by Explosion Effects. CTU Reports, Theoretical and Experimental Research in Structural Engineering, 2000, Vol. 4, pp. 83–87.
- [3] Makovička, D. – Makovička, D. jr.: Dynamic Response of Thin Masonry Wall under Explosion Effect. Structures under Shock and Impact VII, eds. Jones, N. – Brebbia, C. A. – Rajedran, A. M., Southampton, WIT Press 2002, pp. 47–56.
- [4] Makovička, D. – Král, J. – Makovička, D. jr. – Šelešovský, P.: Analýza odezvy tenké cihelné přičky při výbuchu plynu za jejím rubem – 1. část. Požární ochrana, VŠB-TU Ostrava, 2002, s. 221–230.
- [5] Makovička, D. – Makovička, D. jr.: Failure of Masonry Partition Structure under Explosion Effect. CTU Reports, eds. Konvalinka, P. – Máca, J., Vol. 7, 2003, No. 1, pp. 387–396.
- [6] Makovička, D. – Makovička, D. jr.: Explosive Failure of Masonry Structure. Transactions of 17th International Conference on SMiRT, ed. Vejvoda, S., 2003, p. 236 + 8 pp. on CD.
- [7] Janovský, B. – Podstawka, T. – Makovička, D. – Horkel, J. – Vejs, L.: Pressure Wave Generated in Vented Confined Gas Explosions: Experiment and Simulation, Transactions of 17th International Conference on SMiRT, ed. Vejvoda, S., 2003, p. 240 + 8 pp. on CD.
- [8] Makovička, D. – Makovička, D. jr.: Failure of Masonry under Explosion Effect. Structures under Shock and Impact VIII, eds. Jones, N. – Brebbia, C. A., Southampton, WIT Press 2004, pp. 475–484.
- [9] Koloušek, V. a kol.: Stavebné konstrukcie namáhané dynamickými účinkami. Bratislava, SVTL 1967.

Makovička, D. – Makovička, D.: Effects of Repeated Extreme Loads on Bending Capacity of Masonry

This paper reports on investigation of repeated explosion-generated loading of a brick wall. Under extreme loading extending over several seconds and commonly exceeding the standard capacity, visible failures of masonry occur. These failures appear in the form of cracks in masonry elements and the filling of joints. As a result, the residual bearing capacity of masonry decreases and its mechanical properties change. In particular, the modulus of deformation of the masonry structure falls, corresponding deflections grow and natural frequencies change. Further, the article compares results of experiments conducted on a real structure and computer-modelled calculations. It is aimed at making a prognosis of changes of mechanical properties of masonry of a repeatedly loaded structure up to the point of its collapse.

Makovička, D. – Makovička, D.: Der Einfluss wiederholter Extrembelastungen auf die Biegefestigkeit von Mauerwerk

Der Artikel behandelt die wiederholte Belastung einer Wand aus Ziegelmauerwerk durch eine Explosion. Bei extremen Belastungen von der Dauer einiger Sekunden und einer Größe, die in der Regel die Normtragfähigkeit übersteigt, kommt es zu sichtbaren Beschädigungen des Mauerwerks die sich durch Risse in den Mauersteinen und im Fugenmörtel bemerkbar macht. Die Folge ist eine Verringerung der Resttragfähigkeit des Mauerwerks und eine Änderung seiner mechanischen Eigenschaften. Es handelt sich vor allem um die Verkleinerung des Formänderungsmoduls des gemauerten Bauteils und einer dementsprechenden Anstieg der Durchbiegungen sowie eine Änderung des Spektrums der Eigenfrequenzen. Des Weiteren werden die Ergebnisse von an wirklichen Bauteilen durchgeführten Versuchen mit am Computer modellierten Berechnungen verglichen. Ziel ist eine Prognose der Änderungen der mechanischen Eigenschaften des Mauerwerks eines wiederholt belasteten Bauteils bis zum Moment seines Einsturzes.

!!! DŮLEŽITÉ UPOZORNĚNÍ !!!

< REDAKCE >

STAVEBNÍ OBZOR

Na Fakultě stavební ČVUT, kde sídlí i redakce tohoto časopisu, probíhají již od loňského roku stavební práce k zajištění požární bezpečnosti budovy a obnova elektroinstalace. Místnosti redakce by se měly dotknout někdy v únoru-březnu, ale možná i později. Vzhledem k tomu, že jde o velkou budovu, nelze přesný termín stanovit. Je možné, že bude odpojena i pevná telefonní linka. Provoz redakce bude samozřejmě zajištěn, pravděpodobně si však vyzkoušíme její virtuální podobu.



Veškeré písemné materiály lze ukládat v podatelně Fakulty stavební ČVUT, Thákurova 7, 166 29 Praha 6, kde má Stavební obzor svou přihrádku.



Elektronický kontakt: klimova@fsv.cvut.cz



Grafické studio: Ing. Milan Gattringer, tel.: 241 770 220, mgdtp@volny.cz

Vliv vysokých teplot na vlastnosti kompozitních materiálů se struskovým pojivem – II. část

Ing. Lucie ZUDA
RNDr. Jaroslava DRCHALOVÁ, CSc.
prof. Ing. Robert ČERNÝ, DrSc.
ČVUT – Fakulta stavební, Praha

prof. RNDr. Pavla ROVNANÍKOVÁ, CSc.
Ing. Patrik BAYER, Ph. D.
VUT – Fakulta stavební, Brno

V článku je prezentováno ověřování základních tepelných, vlhkostních a mechanických vlastností materiálu na bázi alkalicky aktivované strusky po zatížení vysokými teplotami. Měřené vlastnosti zahrnují součinitel vlhkostní vodivosti, faktor difúzního odporu vodní páry, sorpční a desorpční izotermy, součinitel tepelné vodivosti a měrnou tepelnou kapacitu, pevnosti v tahu za ohybu a pevnosti v tlaku.

V první fázi výzkumu byly studovány vlhkostní a tepelné parametry referenční sady nezatížené vysokými teplotami [7]. Ve druhé fázi experimentů, které jsou popsány v tomto článku, se ověřovaly vlhkostní a tepelné parametry za pokojové teploty po zatížení teplotami 200 °C, 400 °C, 600 °C, 800 °C, 1 000 °C, 1 200 °C. Následně byly porovnány naměřené a referenční hodnoty.

Úvod

Mezi největší problémy stavebního průmyslu patří enormní požadavky na rozvoj infrastruktury rychle se urbanizujícího světa a nedostatečná dlouhodobá stálost většiny materiálů. S tím souvisí hledání souladu mezi materiálními a ekologickými potřebami společnosti a zpracováním či bezpečným ukládáním odpadů, z nichž značná část může být ve stavebnictví využita v pojivových směsích či v betonech.

Ve stavebnictví budou ještě dlouho převažovat pojiva na bázi portlandského slínku, jehož výroba přispívá ke zvyšování objemu emitovaného CO₂. K dalším nevýhodám patří vysoká energetická náročnost jeho výroby, malá odolnost proti působení agresivních látek a nestabilita za vyšších teplot. Vysoké spotřebě slínku se dá předejít vhodným zařazením odpadních surovin. Nové stavební materiály, často netradičního složení s využitím druhotných surovin, činí stavební průmysl méně závislým na přírodních surovinách. Vznikají i materiály pro speciální použití, žádány jsou materiály „šité na míru“ pro konkrétní aplikace. Jednou z možností rozšíření sortimentu maltovin o druhy, které splňují požadovaná kritéria pro pojiva a v mnohých směrech předčí portlandský cement, je využití strusek. K dobrému využití latentně hydraulických vlastností vysokopecní granulované strusky přispívá její alkalická aktivace [1]–[5]. Lze pro ni použít jakýkoliv aluminosilikátový materiál s pucolánovými, hydraulickými nebo latentně hydraulickými vlastnostmi. Nejvhodnější a nejvíce prostudovanou variantou je alkalická aktivace vodním sklem [6].

Alkalicky aktivované materiály mají v praxi mnoho výhod. Patří k nim vysoká pevnost, korozivzdornost a částečná odolnost proti vysokým teplotám, mohou být proto využity pro konstrukce nebo jejich částí při namáhání do teploty 1 200 °C. Je možno též uvažovat o ochranných vrstvách na stávajících železobetonových konstrukcích, které zvýší požární odolnost konstrukce z portlandského cementu, u něhož dochází za vyšších teplot k totální degradaci cementového tmelu, a tím k jeho rozpadu.

Materiály a vzorky

Pro výrobu vzorků byla použita jemně mletá struska od společnosti Kotouč Štramberk. Chemický rozbor obsahuje tab. 1, jemnost mletí tab. 2. Pro přípravu alkalického aktivátoru byl použit roztok vodního skla. Silikát SiO₂ PORTIL-A dodala firma Cognis Iberia, normalizovaný písek podle EN 196-1 (druhy PG1, PG2, PG3) firma Filtrační písky, Dubá.

Tab. 1. Chemické složení strusky [%]

SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	MnO	Cl-	Na ₂ O	K ₂ O	SO ₃
38,6	0,52	7,22	38,8	12,9	0,5	0,1	0,21	0,38	0,36

Tab. 2. Jemnost mletí strusky

Zbytek na sítu [% hm.]		Měrný povrch [m ² kg ⁻¹]
0,045 mm	0,09 mm	
12,4	1,9	392

Tab. 3. Složení směsi pro výrobu vzorků

Filtrační písky [g]			Struska	Silikát	Záměšová voda [ml]
PG1	PG2	PG3	[g]		
450	450	450	450	90	190

Do homogenizované směsi strusky s pískem byl zamíchán roztok silikátu s vodou (tab. 3). Aby se předešlo tvorbě pórů, plnily se formy do 2/3, vibrováním se směs setřásla, doplnila do požadované výšky a opět setřásla. Po 24 hodinách byly vzorky z forem vyjmuty a uloženy na 27 dnů do vodní lázně. Pro jednotlivé zatěžovací stavy byly použity vzorky:

- součinitel vlhkostní vodivosti pomocí sorpčního experimentu, otevřená pórovitost a objemová hmotnost – 3 vzorky 50 x 50 x 23 mm;
- součinitel vlhkostní vodivosti pomocí kapacitní metody – 3 vzorky 20 x 40 x 300 mm;
- součinitel difúzního odporu vodní páry – 3 vzorky o průměru 108 mm a tloušťce 10–22 mm;

- sorpční a desorpční izotermy
 - 27 vzorků 20 x 20 x 10 mm;
- součinitel tepelné vodivosti a objemová měrná tepelná kapacita
 - 3 vzorky 70 x 70 x 70 mm;
- pevnost v tahu za ohybu a pevnost v tlaku
 - 3 vzorky 40 x 40 x 160 mm.

Experimentální metody

Součinitel vlhkostní vodivosti

■ Pro stanovení průměrného součinitele vlhkostní vodivosti byl použit experiment založený na kapilárním sání vody z volné hladiny do vzorku ve vertikální poloze. Vzorek, umístěný pomocí kovové konstrukce nad nádobu s vodou tak, aby jeho spodní čelo bylo ponořeno 2 mm pod hladinou, byl izolován proti vodě na čtyřech stěnách pláště. Konstrukce byla položena na vahách umožňujících automatickou registraci dat. Závislost celkového množství vody ve vzorku na odmocnině času od počátku měření byla využita ke stanovení koeficientu absorpce vody, který je roven směrnici její lineární části. Pro výpočet průměrné hodnoty součinitele vlhkostní vodivosti κ [m^2s^{-1}] byla použita rovnice

$$\kappa \approx \left(\frac{A}{w_c} \right)^2, \quad (1)$$

kde A je koeficient absorpce vody [$\text{kgm}^{-2}\text{s}^{-1/2}$], w_c nasycená vlhkost [kgm^{-3}].

Vzorky byly ponechány volně v laboratorním prostředí až do ustálení hmotnosti. Měření se provádělo při teplotě 25 °C a relativní vlhkosti okolo 50 %.

■ Pro stanovení součinitele vlhkostní vodivosti na základě vlhkostních profilů byla použita jedna z běžně používaných nestacionárních metod. Jako všechny inverzní metody vychází Matanova metoda [8] z jednorozměrného řešení difúzní rovnice (2), která popisuje přenos vlhkosti v kapilárně porézních látkách za izotermních podmínek

$$\frac{\partial u}{\partial t} = \nabla(\kappa(u)\nabla u). \quad (2)$$

Hmotnostní vlhkost u je dána vztahem

$$u = \frac{m_v - m_s}{m_s}, \quad (3)$$

kde m_v je hmotnost vlhkého a m_s hmotnost suchého vzorku.

Experiment spočívá v určení vlhkostních profilů, tj. vlhkosti podél osy vzorku ve specifikovaných časových intervalech $u(x, t)$. Vzorek ve tvaru tyče (jeho 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 jeho pórech na počátku experimentu. Při přenosu vlhkosti pouze v jednom směru je nutné zabránit odpařování vody na zbývajících stěnách, což je zajištěno parotěsnou a vodotěsnou izolací po všech stranách kromě čel.

Matanova metoda vychází ze znalosti jedné křivky navlhání a času od počátku experimentu odpovídajícího této křivce. Využívá Boltzmannovy transformace, kterou je možno použít v případě krátkých časů, kdy se ještě neuplatňuje okrajová podmínka na suchém konci vzorku. Výhoda

této transformace spočívá v tom, že převádí řešení parciální diferenciální rovnice (2) na řešení obyčejné diferenciální rovnice. Pokud známe rozložení vlhkosti $u(x)$ v jistém čase t , můžeme součinitel vlhkostní vodivosti vypočítat ze vztahu

$$\kappa(u(x)) = \frac{1}{2tu'(x)} \int_x^\infty \xi u'(\xi) d\xi, \quad (4)$$

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

Vzorky byly ponechány volně v laboratorním prostředí až do ustálení hmotnosti při teplotě 25 °C a relativní vlhkosti okolo 50 %. Za těchto podmínek probíhalo také měření.

Transportní parametry vodní páry

Pro měření byla použita jedna ze standardních stacionárních metod – misková metoda [9]. Součinitel difúze vodní páry D [m^2s^{-1}] byl vypočten podle rovnice

$$D = \frac{\Delta m \cdot d \cdot R \cdot T}{S \cdot \tau \cdot M \cdot \Delta p_p}, \quad (5)$$

kde Δm je množství vodní páry prošlé vzorkem [kg], d tloušťka vzorku [m], S plocha vzorku, která je v kontaktu s vodní párou [m^2], τ čas odpovídající hmotnosti prošlé vodní páry Δm [s], Δp_p rozdíl parciálních tlaků v nádobě pod vzorkem a prostředím nad vzorkem [Pa], R univerzální plynová konstanta [$\text{Jmol}^{-1}\text{K}^{-1}$], M molární hmotnost vody [kgmol^{-1}], T absolutní teplota [K].

Na základě výpočtu součinitele difúze vodní páry D [m^2s^{-1}] byl určen faktor difúzního odporu μ [-] podle vztahu

$$\mu = \frac{D_a}{D}, \quad (6)$$

kde D_a je součinitel difúze vodní páry ve vzduchu [m^2s^{-1}].

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

$$\delta = D \frac{M}{RT}. \quad (7)$$

Při měření metodou dry cup byla miska se vzorkem, naplněná silikagelem, umístěna v laboratorním prostředí s průměrnou relativní vlhkostí 30 %. Při měření metodou wet cup byla naplněna vodou a umístěna také v laboratorním prostředí s průměrnou relativní vlhkostí 30 %. Hmotnost misky se vzorkem se zjišťovala dvakrát denně po dobu dvou týdnů, teplota v laboratoři se pohybovala okolo 25 °C. Konstantní úbytek (wet cup) nebo přírůstek (dry cup) byl stanoven z ustálených hodnot lineární regresí.

Sorpční a desorpční izotermy

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

Měření probíhalo v laboratorních podmínkách s teplotou 25 °C. Vzorky byly umístěny do exsikátorů s roztoky solí, které simulují různou relativní vlhkost [10]. Experimenty

probíhaly paralelně ve všech exsikátorech. Hmotnost vzorků se měřila periodicky do dosažení rovnovážného stavu.

Součinitel tepelné vodivosti a měrná tepelná kapacita

K ověření tepelných vlastností sloužil přístroj ISOMET 2104 (Applied Precision, Ltd., SK). Zařízení měří součinitel tepelné vodivosti λ [$\text{Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$], měrnou objemovou tepelnou kapacitu $c\rho$ [$\text{Jm}^{-3}\text{K}^{-1}$] a teplotu [$^{\circ}\text{C}$]. Součinitel teplotní vodivosti a [m^2s^{-1}] počítá přístroj podle vztahu

$$a = \frac{\lambda}{c\rho} \quad (8)$$

Měření se provádělo plošnou sondou na vzorcích ponechaných v laboratorním prostředí s teplotou 25°C a relativní vlhkostí okolo 30 %. Vzorky byly přirozeně vlhké.

Pevnost v tahu za ohybu a pevnost v tlaku

Z mechanických vlastností se zjišťovala pevnost v tahu za ohybu a v tlaku. Pevnost v tahu za ohybu se měřila v uspořádání klasického tříbodového ohybu na lisu KN 500, pevnost v tlaku následně na zlomcích zkušebních tělísek, která zůstala po zkoušce pevnosti tříbodovým ohybem. Zkoušky trámčů standardních rozměrů se prováděly a vyhodnocovaly podle norem.

Výsledky a diskuze

Tabulka 4 uvádí porovnání základních fyzikálních vlastností mezi referenční sadou 25°C a zatíženými sadami 200°C , 400°C , 600°C , 800°C , $1\,000^{\circ}\text{C}$, $1\,200^{\circ}\text{C}$. Je patrné, že při zvýšení teploty dochází k poklesu objemové hmotnosti asi o 5 %, hustota matrice se naopak nezmění. Zároveň dochází ke zvyšování pórovitosti proti referenční

Tab. 4. Porovnání základních fyzikálních vlastností

Zatěžovací stav [$^{\circ}\text{C}$]	Objemová hmotnost	Hustota matrice	Otevřená pórovitost [m^3m^{-3}]
	[kgm^{-3}]		
25	2 167	2 658	0,18
200	2 104	2 707	0,22
400	2 166	2 598	0,17
600	2 078	2 670	0,22
800	2 035	2 667	0,24
1 000	2 046	2 680	0,24
1 200	2 050	2 660	0,23

sadě. V tabulce 5 jsou porovnány vlhkostní vlastnosti. Hodnoty průměrného součinitele vlhkostní vodivosti se po zatížení vysokými teplotami proti referenční sadě výrazně zvyšují až od zatížení teplotou 600°C , kdy dochází k několikanásobnému nárůstu κ vzhledem k hodnotám po zatížení nižšími teplotami. Po zatížení 800°C dochází k dalšímu nárůstu κ , který již dosahuje vzhledem k referenční hodnotě více než jednoho řádu, ale při dalším zatěžování vyššími teplotami již κ výrazně neroste. Tyto výsledky korespondují se změnami hodnot otevřené pórovitosti po zatížení vysokými teplotami (tab. 4).

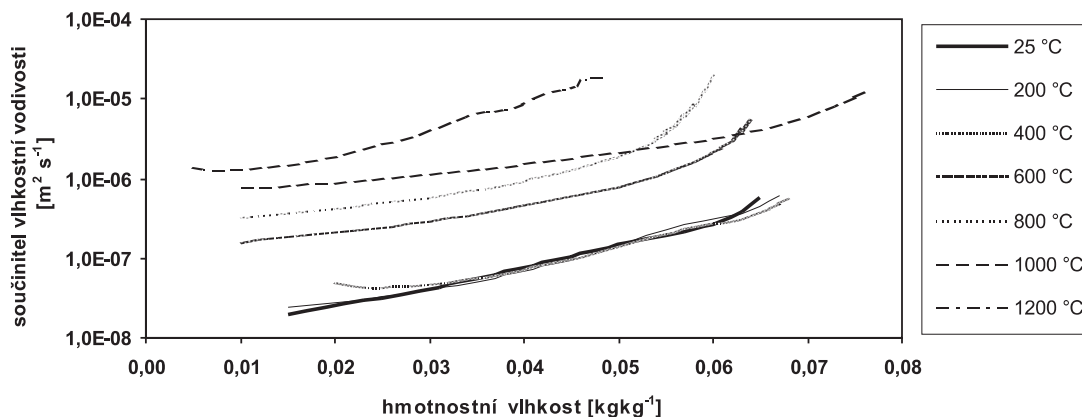
Faktor difúzního odporu vodní páry, určený metodou dry cup (mezi prostředím s 5 % a 30 % relativní vlhkostí) a metodou wet cup (mezi prostředím s 95 % a 30 % relativní vlhkostí) vykazuje se zvyšováním zatěžovací teploty podobný trend jako součinitel vlhkostní vodivosti. I zde je zatěžovací teplota 800°C mezní teplotou, za níž dochází zhruba ke trojnásobnému poklesu faktoru difúzního odporu vzhledem k referenční hodnotě, ale při vyšších teplotách již snižování faktoru difúzního odporu (a tedy zvyšování součinitele difúze vodní páry) nepokračuje.

Porovnání součinitele vlhkostní vodivosti κ v závislosti na vlhkosti, určeného na základě vlhkostních profilů Matanovou metodou, uvádí obr. 1. Je zřejmé, že podobně jako u řady jiných materiálů je závislost κ na vlhkosti velmi podstatná, rozdíl pro nejnižší a nejvyšší vlhkost dosahují zhruba jednoho řádu.

Nárůst κ (u) se zatěžovací teplotou je v dobrém souladu s nárůstem průměrného součinitele vlhkostní vodivosti v tab. 5 pro zatěžovací teploty do 800°C . Porovnání hodnot součinitele vlhkostní vodivosti v závislosti na vlhkosti s hodnotami průměrného součinitele vlhkostní vodivosti ukazuje, že průměrný součinitel vlhkostní vodivosti pro zatěžovací te-

Tab. 5. Porovnání vlhkostních vlastností

Zatěžovací stav [$^{\circ}\text{C}$]	Faktor difúzního odporu [-]		Součinitel teplotní vodivosti [$10^{-6}\text{m}^2\text{s}^{-1}$]
	dry cup	wet cup	
25	47	17	0,18
200	33	14	0,13
400	25	14	0,16
600	22	10	0,85
800	17	5	6,40
1 000	19	6	4,60
1 200	19	6	6,50



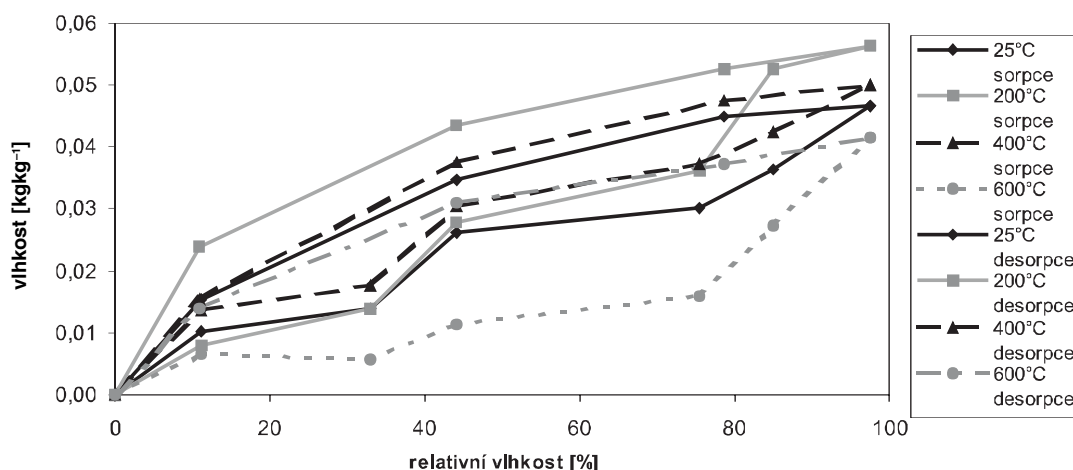
Obr. 1. Porovnání součinitele vlhkostní vodivosti pro jednotlivé zatěžovací stavy v závislosti na hmotnostní vlhkosti

ploty do 800 °C zhruba odpovídá součiniteli vlhkostní vodivosti pro vyšší vlhkost, což je vlastnost pozorovaná i pro jiné materiály.

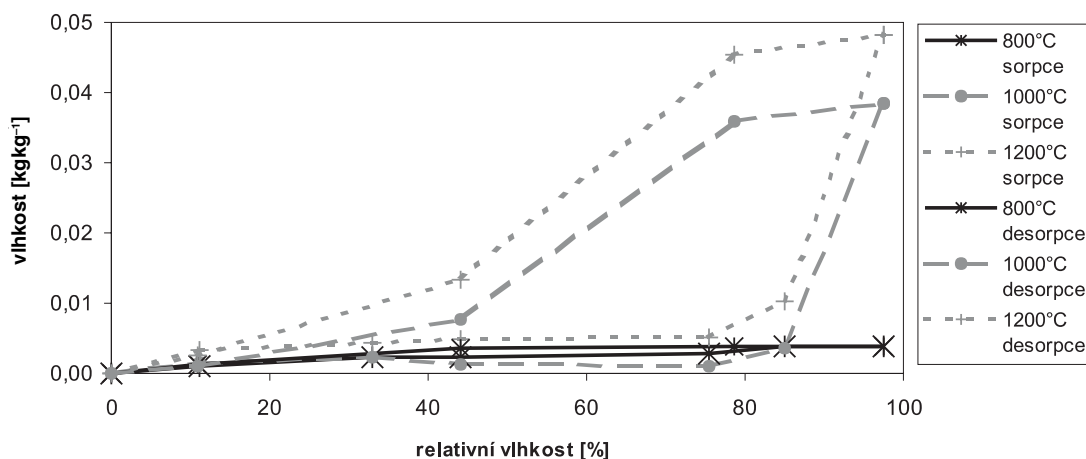
Hodnoty $\kappa(u)$ pro zatěžovací teploty vyšší než 800 °C jsou výrazně vyšší (až o jeden řád) než hodnoty průměrného součinitele vlhkostní vodivosti. Pravděpodobným důvodem je rozdílná prostorová orientace experimentů v obou případech. Zatímco vlhkostní absorpční experiment, jehož výsledkem byla hodnota průměrného součinitele vlhkostní vodivosti, probíhal ve vertikální poloze, vlhkostní profily, z nichž byl určen vlhkostně závislý součinitel vlhkostní vodivosti, byly ověřovány v horizontální poloze. Při měření transportu vody ve vertikální poloze se tedy zřejmě významně projevoval vliv gravitace. Tomu by nasvědčovaly i velmi vysoké hodnoty součinitele vlhkostní vodivosti pro vyšší zatěžovací teploty na obr. 1, které např. po zatížení 1 200 °C dosahovaly až 10⁻⁵m²/s. Takto vysokých hodnot κ je možné dosáhnout v podstatě jen tehdy, pokud materiál obsahuje významné množství velkých pórů, typicky v řádu 10 až 100 μ m. V těchto pórech již může být vliv gravitačních sil na přenos vlhkosti významný.

zatěžovací teploty však množství adsorbované vodní páry začalo opět růst, takže po zatížení teplotou 1 200 °C bylo téměř stejné jako pro nezatížený referenční materiál.

Je zřejmé, že nepříznivé změny struktury materiálu, které způsobují nárůst transportních parametrů vody i vodní páry, a jsou tedy jistým příznakem degradace a částečné ztráty funkčních vlastností, probíhají pouze v rozmezí od 600 do 800 °C. Tomu odpovídá i výrazný pokles množství adsorbované vodní páry v tomto rozmezí zatěžovacích teplot, který svědčí o určitém zborcení porézni struktury. Na rozdíl např. od materiálů na bázi portlandského cementu však u materiálu s příměsí alkalicky aktivované strusky nedochází za teplot vyšších než 800 °C k další degradaci a postupné ztrátě integrity vzorku, ale naopak k jistému zpevnění struktury, protože ani po zahřátí na 1 200 °C nejsou na vzorcích patrné významné trhliny. Výrazný nárůst sorpce vodní páry pro zatěžovací teploty vyšší než 800 °C svědčí o tom, že se vytvoří materiál s novou porézni strukturou na jiné bázi, než byla původní struktura. Změny struktury po zatížení vysokými teplotami doprovázené zvýšením otevřené pórovitosti tak u materiálu na bázi alkalicky aktivované strusky



Obr. 2. Sorpční a desorpční izotermy pro zatěžovací stavy 25 °C, 200 °C, 400 °C, 600 °C

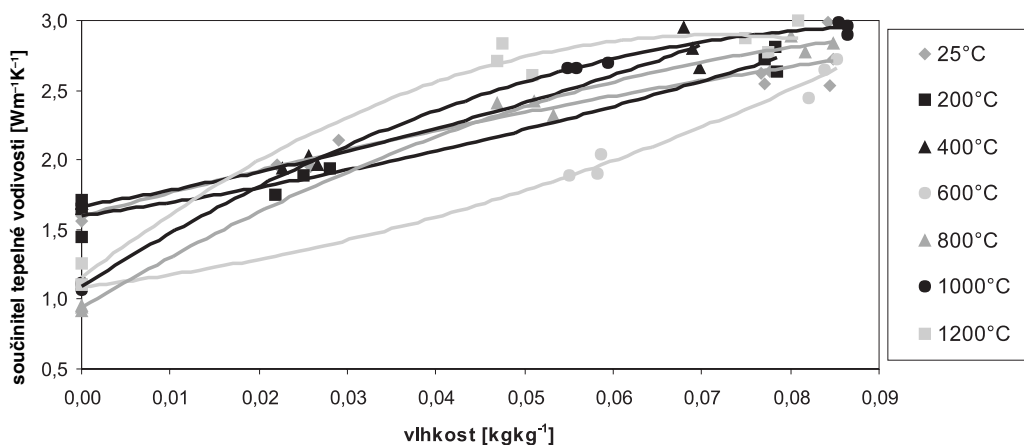


Obr. 3. Sorpční a desorpční izotermy pro zatěžovací stavy 800 °C, 1 000 °C, 1 200 °C

Sledováním hmotnosti vzorků při sorpci a desorpci vodní páry v prostředí s definovanou relativní vlhkostí nad nasyceným roztokem anorganické soli do ustálení byly získány sorpční a desorpční izotermy pro jednotlivé zatěžovací stavy. Výsledky měření (obr. 2, obr. 3) ukazují, že do zatěžovacích teplot 800 °C sorpční vlastnosti materiálu pro vodní páru výrazně klesaly, dokonce až pod 0,01 kg/kg. Pro vyšší

pravděpodobně nevedou k významnému poklesu mechanických vlastností. Dochází však zřejmě k výrazným změnám ve skladbě pórů, projevujícím se zejména vznikem větších pórů.

V tabulce 6 jsou uvedeny tepelné vlastnosti při nulové vlhkosti. Měrná tepelná kapacita materiálu nebyla zřejmě teplotním zatížením ovlivněna, rozdíly jsou v rámci chyby



Obr. 4. Porovnání součinitele tepelné vodivosti v závislosti na vlhkosti

Tab. 6. Porovnání tepelných vlastností

Zatěžovací stav [°C]	Součinitel tepelné vodivosti [Wm ⁻¹ K ⁻¹]	Měrná tepelná kapacita [Jkg ⁻¹ K ⁻¹]	Součinitel teplotní vodivosti [10 ⁻⁶ m ² s ⁻¹]
25	1,59	794	0,92
200	1,60	781	0,99
400	1,67	743	1,04
600	1,09	754	0,70
800	0,94	777	0,59
1 000	1,10	789	0,67
1 200	1,16	738	0,77

Tab. 7. Porovnání mechanických vlastností v závislosti na teplotním zatížení

Zatěžovací stav [°C]	Pevnost [MPa]	
	v tahu za ohybu	v tlaku
25	4,4	55,8
200	4,4	44,6
400	3,8	45,6
600	2,6	31,4
800	1,7	9,9
1 000	2,2	14,8
1 200	3,6	48,7

měření. Součinitel tepelné vodivosti ovšem po zatížení teplotami vyššími než 400 °C významně klesl, což odpovídá zvýšení pórovitosti v tab. 4.

Na obrázku 4 je uveden součinitel tepelné vodivosti v závislosti na vlhkosti a na zatěžovací teplotě. Pro všechny zatěžovací stavy podle očekávání rostl s nárůstem vlhkosti. Tvar jeho závislosti na vlhkosti byl ovšem pro různé zatěžovací stavy rozdílný. Pro teplotní zatížení do 400 °C byla tato závislost téměř přímková, pro zatěžovací teplotu 600 °C výrazně konvexní, pro 800 °C a vyšší výrazně konkávní. Tyto změny jsou zřejmě, podobně jako u změn vlhkostních vlastností, důsledkem změn obsahu a distribuce pórů po zatížení vysokými teplotami.

Podle tabulky 7 není závislost mechanických vlastností na zatěžovací teplotě monotónní, jak je obvyklé pro mnoho jiných stavebních materiálů. Pevnost v tahu za ohybu i pevnost v tlaku dosahuje maximální hodnoty u referenční sady při teplotě 25 °C, minimální hodnoty pak po zatížení 800 °C,

kdy pevnost v ohybu je 2,5krát a pevnost v tlaku pětkrát menší v porovnání s referenční sadou. S růstem teploty nad 800 °C pak dochází k růstu pevnosti a po zatížení teplotou 1 200 °C je pevnost v ohybu jen o 18 % nižší a pevnost v tlaku o 12 % nižší než u referenční sady.

Závěr

Měření tepelných, vlhkostních a mechanických vlastností analyzovaného materiálu na bázi alkalicky aktivované strusky po zatížení vysokými teplotami do 1 200 °C ukázalo, že jeho odolnost vůči jejich působení je výrazně vyšší než u materiálu na bázi cementu. Zatímco pro zatěžovací teploty do 800 °C zřejmě dochází k degradaci materiálu doprovázené nárůstem transportních parametrů vlhkosti, poklesem adsorpce vodní páry a také poklesem pevnosti jak v tlaku, tak i za ohybu, pro zatěžovací teploty vyšší než 800 °C degradace dále nepokračuje, naopak dochází ke zřetelnému zpevnění. Výrazný nárůst adsorpce vodní páry a nárůst pevnosti jak v tlaku, tak i v ohybu pro zatěžovací teploty vyšší než 800 °C, svědčí o tom, že výpalem se vytvoří materiál s porézni strukturou na jiné bázi, než byla původní struktura, a ani po zahřátí na 1 200 °C nejsou na vzorcích patrné významné trhliny.

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

Literatura

- [1] Brandštetr, J.: Struskoalkalické betony. Stavivo, 1984, č. 3, s. 110–114.
- [2] Rovnaníková, P. – Brandštetr, J.: Poznatky ze studia mikrostruktury zatvrdlých struskoalkalických past. [Sborník], X. vědecká konference FAST VUT Brno, 1989, s. 99–103.
- [3] Douglas, E. – Brandštetr, J.: A Preliminary Study on the Alkali Activation of Ground Granulated Blast-Furnace Slag. Cement and Concrete Research, Vol. 20, 1990, pp. 746–756.
- [4] Tomková, V. et al.: Alkali Activation of Granulated Blast Furnace Slags. Ceramics-Silikáty, Vol. 37, 1993, pp. 61–65.
- [5] Škvára, F. – Kopecká, M.: Properties of a Cement Based on Alkali-Activated Slag. Ceramics-Silikáty, Vol. 41, 1997, pp. 29–34.
- [6] Geopolymere, Ed. by Davidovits, J. – Davidovits, R. – James, C. (Saint-Quentin, 1999).
- [7] Friedlová, L. – Tesárek, P. – Černý, R. – Rovnaníková, P.: Tepelné a vlhkostní vlastnosti kompozitního materiálu na bázi alkalicky aktivované strusky. Stavební obzor, 14, 2005, č. 2, s. 40–44.

- [8] Matano, C.: On the Relation between the Diffusion Coefficient and Concentration of Solid Metals. *Jap. J. Phys.*, Vol. 8, 1933, pp. 109–113.
- [9] ČSN 72 7031 Měření součinitele difúze vodní páry stavebních materiálů metodou bez teplotního spádu. ČSN, 1974.
- [10] Arai, C. – Bosáka, S. – Midase, K. – Sano, Y.: Measurements of the Relative Humidity of Saturated Aqueous Salt Solutions, *J. Chem. Eng. Jap.*, Vol. 9, 1976, pp. 328–342.

Zuda, L. – Drchalová, J. – Černý, R. – Rovnaníková, P. – Bayer, P.: Thermal, Hygric and Mechanical Properties of a Composite Material on the Basis of Alkali Activated Slag after High-Temperature Exposure

This paper presents the measurement of basic thermal, hygric and mechanical properties of a material on the basis of alkali activated slag determined at room temperature after high-temperature exposure. The measured parameters are compared with the results of reference measurement with a material not exposed to high temperatures. The measurements include moisture diffusivity, water vapour diffusion resistance factor, adsorption and desorption isotherms, thermal conductivity and specific heat capacity, bending and compressive strength.

Zuda, L. – Drchalová, J. – Černý, R. – Rovnaníková, P. – Bayer, P.: Der Einfluss hoher Temperaturen auf die Eigenschaften von Kompositmaterialien mit Schlackebindemittel – II. Teil

Im Artikel wird die Prüfung der grundlegenden thermischen, Feuchtigkeits- und mechanischen Eigenschaften eines Materials auf der Basis alkalisch aktivierter Schlacke nach der Belastung mit hohen Temperaturen vorgestellt. Die gemessenen Eigenschaften schließen den Feuchtigkeitsleitwert, den Wasserdampfdiffusions-Leitkoeffizienten, die Sorptions- und Desorptionsisothermen, den Wärmeleitkoeffizienten und die spezifische Wärmekapazität, die Biegezugfestigkeit und die Druckfestigkeit ein.

Stavební obzor na CD

Ročníky

2002, 2003, 2004, 2005

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

Cena:

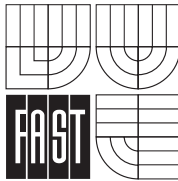
1 ročník na CD
včetně krabičky a přebalu 400 Kč
poštovné + balné (dobírka) 100 Kč

Objednávky:

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

• VUT Brno

Nový studijní obor iniciují stavební firmy



Nový studijní obor, zaměřený na provádění a realizaci staveb, vznikl na Fakultě stavební brněnského Vysokého učení technického. Cílem nového oboru je poskytnout studentům kromě odborných znalostí i praktické zkušenosti potřebné pro vstup do profesního života. První studenti se budou moci přihlásit v roce 2008. Na výuce se budou podílet čtyři přední stavební firmy.

„Nový obor vzniká jako odezva na skutečnost, že ačkoli absolventi přicházejí do praxe dobře připraveni teoreticky, dostatečné praktické zkušenosti pro zvládnutí úkolů reálného profesního světa během studia nezískají“, řekl Ing. Michal Štefl, předseda představenstva a generální ředitel akciové společnosti Železniční stavitelství Brno, která byla k tvorbě studijního programu přizvána. „Každý z absolventů tak musí následně projít neúměrně zdlouhavým adaptačním procesem, kterým neefektivně oddaluje okamžik, kdy může být samostatně postaven do některé z řídicích funkcí“.

Vznik nového oboru není první oblastí, ve které školní instituce spolupracuje s praxí. ŽS Brno pro studenty a pedagogů pořádá exkurze, zajišťuje provozní praxi nebo vypisuje zadání diplomových prací, které její zaměstnanci následně pomáhají vést. Ve spolupráci s fakultou řeší výzkumné a vývojové úkoly. Fakulta zpracovává znalecké posudky, napomáhá získání grantů na řešení výzkumných a vývojových úkolů a spolupracuje v oblasti technické pomoci s odbornými středisky společnosti. Studenti, kteří projeví o budoucí spolupráci s ŽS Brno zájem, se mohou v rámci rozšířené výuky již nyní vzdělávat ve španělštině, která se v ŽS Brno stává, díky spojení se společností OHL, firemním komunikačním jazykem.

Nový studijní program s názvem „Provádění staveb“ je připravován pracovním týmem odborníků fakulty pod vedením prof. RNDr. Ing. Petra Štěpánka, CSc., a doc. Ing. Vlastimila Stary, CSc. Kromě pověřených zaměstnanců ŽS Brno se na jeho přípravě podílejí také zástupci dalších významných českých stavebních firem. Program bude koncipován jako magisterský v rozsahu tří semestrů a bude navazovat na akreditovaný čtyřletý bakalářský program „Stavební inženýrství“. Během studia bude hlavní důraz kladen na obory, jimiž jsou ekonomické nástroje řízení stavební výroby, právo v oblasti podnikání ve stavebnictví, manažerské dovednosti, projektové řízení a řízení jakosti. Součástí studia bude intenzivní jazyková příprava a jednosemestrální praxe, během níž se studenti seznámí s prostředím firmy, do které se chystají nastoupit. Studijní program by měl být akreditován v akademickém roce 2006/2007.

Tisková informace

Posouzení svislé únosnosti základové půdy metodou Monte Carlo a porovnání s výpočtem podle ČSN 73 1001

Ing. Tomáš PARÁK

IKP Consulting Engineers, s. r. o.
Praha

Cílem příspěvku je ukázat rozdíl mezi deterministickým (podle normy) a pravděpodobnostním (metodou Monte Carlo) postupem výpočtu geotechnických konstrukcí. Vše je diskutováno na jednoduchém početním příkladu.

Úvod

Při deterministickém výpočtu podle ČSN 73 1001 [1] musí být projektant často hodně konzervativní. Naproti tomu pravděpodobnostní přístup umožňuje vzít v úvahu všechny zatěžovací stavy, které mohou nastat v době životnosti konstrukce, i zohlednit nejistotu vstupních parametrů podzákladí. Výsledkem pak je nejen odpověď, zda navržená konstrukce vyhoví, ale i pravděpodobnost, s jakou se tak stane. Tato pravděpodobnost poruchy, resp. spolehlivosti, je důležitá pro určení rizika dané konstrukce. Celý problém je diskutován na příkladu posouzení svislé únosnosti základové půdy R_d při daných vstupních parametrech.

Základní pojmy

Připomeňme si, že spolehlivost p_s je schopnost systému (konstrukce) zachovávat požadované vlastnosti po celou dobu životnosti. Jinými slovy, je to pravděpodobnost, že požadované vlastnosti budou zachovány. Platí

$$p_s = 1 - p_f \quad (1)$$

kde p_f je pravděpodobnost poruchy. Riziko H (hazard) lze vyjádřit vztahem

$$H = p_f \cdot C_f \quad (2)$$

kde C_f je průměrná očekávaná hmotná škoda, ke které by došlo při vzniku poruchy.

Deterministicky formulovaná podmínka spolehlivosti má tvar (obr. 1)

$$R_N \geq E_N \quad (3)$$

Pravděpodobnostní přístup k problému vyžaduje tvar (funkce spolehlivosti)

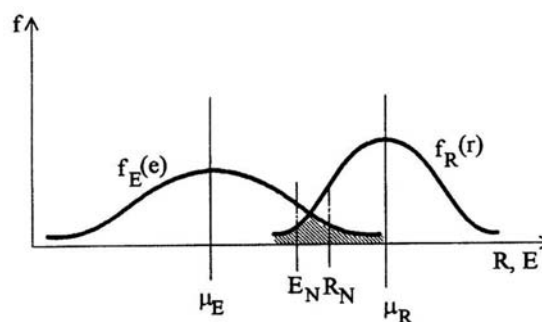
$$R - E \geq 0 \quad (4)$$

kde R (odpor konstrukce, v našem případě půjde o svislou únosnost základové půdy R_d) a E (vnější zatížení, v našem případě velikost kontaktního napětí v základové spáře od přitížení) jsou náhodné veličiny s hustotou pravděpodobnosti $f_R(r)$ a $f_E(e)$, viz obr. 1. Levá strana nerovnosti (4) bývá označována jako rezerva spolehlivosti Z . Mezní stav nastane (resp.

podmínka spolehlivosti není splněna = funkce poruchy), jestliže bude platit

$$R - E = Z < 0. \quad (5)$$

Metoda Monte Carlo pracuje na principu numerické simulace, která používá náhodné realizace vstupních náhodných veličin. Náhodné veličiny je třeba generovat podle jejich teoretického modelu rozdělení pravděpodobnosti. Takové generování náhodných veličin vyžaduje nejprve generování náhodných čísel rovnoměrně rozložených v intervalu 0 – 1.



Obr. 1. Klasický přístup – odpor konstrukce R a účinek zatížení E (dvě náhodné veličiny)

Generátory náhodných čísel v intervalu 0 a 1 je možné nalézt jako standardní funkce řady programovacích jazyků. Většina z nich jsou lineární kongruenční generátory, které závisí na způsobu zobrazování čísel v počítači a sekvence náhodných čísel se po určitém intervalu (řádově miliony a více) opakuje. Proto jsou obecně nazývány generátory pseudonáhodných čísel z intervalu 0 a 1.

Na základě generovaných pseudonáhodných čísel z intervalu 0 – 1 je možné generovat realizace náhodných čísel s určitým rozdělením pravděpodobnosti, jenž má být generována. Její distribuční funkci označme $\Phi_{X_i}(x_i)$. Nejprve je generováno pseudonáhodné číslo $u_{i,j}$, index i označuje náhodnou veličinu a index j označuje číslo simulace. Realizace náhodné veličiny X_i v j -té simulaci je získána podle vztahu

$$x_{i,j} = \Phi_{X_i}^{-1}(u_{i,j}), \quad (6)$$

ve kterém je inverzní distribuční funkce náhodné veličiny X_i . Postup generování touto metodou je patrný z obr. 2. Jinými slovy, postup metody spočívá v numerické simulaci řešeného problému – v opakovaném řešení funkce poruchy $g(X)$ vždy s jiným náhodně generovaným vektorem vstupních náhodných veličin X .

Jednotlivé kroky (popisujeme obecně j -tou simulací, $j = 1, 2, \dots, N$, kde N je celkový počet simulací):

- nejdříve se generují jednotlivé realizace vektoru X – realizace náhodných veličin $x_1, x_{2j}, \dots, x_{ij}, \dots, x_{nj}$ podle vzta- hu (7), podle příslušných rozdělení pravděpodobnosti;
- pomocí nich se vypočte funkce poruchy $g(X_1, X_2, \dots, X_n)$, a získá se tak hodnota rezervy spolehlivosti pro j -tou sim- ulaci

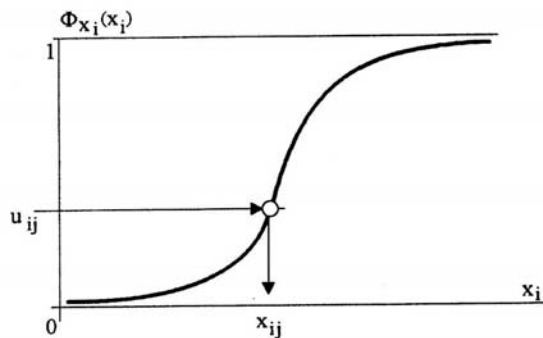
$$z_j = g(x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{ij}, \dots, x_{nj}); \quad (7)$$

- po provedení všech simulací máme statistický soubor ve- ličiny $Z(z_1, z_2, \dots, z_j, \dots, z_N)$. Tento soubor je možno statis- ticky vyhodnotit. V řadě případů nezjišťujeme přímo prav- děpodobnost poruchy, neboť funkci poruchy nelze uspo- kojivě definovat. Funkce $g(X_1, X_2, \dots, X_n)$ pak nepředsta- vuje funkci poruchy, ale funkci odezvy. Buď jde o odpor konstrukce R , nebo o účinek zatížení E . Tyto náhodné ve- ličiny jsou však vyšetřovány metodou Monte Carlo od- děleně;
- v případě, že $z_j \leq 0$, nastává porucha a celkový počet těch- to případů v průběhu všech N simulací označíme N_f . Pak podle základní definice teoretické pravděpodobnosti poru- chy lze pravděpodobnost poruchy odhadnout jako podíl

$$p_f = \frac{N_f}{N}, \quad (8)$$

- následně spolehlivost celého systému

$$p_s = 1 - p_f. \quad (9)$$



Obr. 2. Generování náhodné veličiny inverzní transformací distribuční funkce

Příklad

Posuďme svislou únosnost základové půdy pro rámovou konstrukci založenou na patkách s tím, že přihlédneme k historii zatížení po požadovanou dobu její životnosti. Zá- kladová spára patek, o velikosti 0,5 x 2 x 2 m, je v hloubce 1 m. Výpočtová velikost jednotlivých zatížení:

- horizontální složka zatížení
 $H = 20 - 250$ kN nejčastější hodnota 100 kN
- normálová složka zatížení
 $N = 350 - 650$ kN nejčastější hodnota 500 kN
- výsledný moment
 $M = 20 - 120$ kNm nejčastější hodnota 80 kNm

V podloží stavby se nachází vrstva písčitého jílu (F4 CS) měkké až tuhé konzistence s normovými charakteristikami uvedenými v tab. 1.

Tab. 1. Normové charakteristiky podloží

Zemina	c_{ef} [kPa]	φ_{ef} [°]	γ [kN/m ³]
jíl písčitý – F4 CS	10 – 18	22 – 27	18,5

- Pro zeminy se výpočtová únosnost základu R_d s vodo- rovnou základovou spárou stanoví podle vzorce

$$R_d = c_{ef} \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c + \gamma_1 \cdot d \cdot N_{q,ef} \cdot s_d \cdot d_d \cdot i_d + \gamma_2 \cdot \frac{b}{2} \cdot N_b \cdot s_b \cdot d_b \cdot i_b. \quad (10)$$

- Deterministicky [1] byl výpočet proveden ve dvou varian- tách. V první za použití nejnepriznivějšího účinku zatížení (a) a ve druhé při uvažování nejčastějších (nejpravděpo- dobnějších po dobu životnosti) hodnot zatížení (b).

(a) Běžný postup spočívá v tom, že vezmeme v úvahu nejnepriznivější účinky zatížení a průměrné hodnoty vlast- ností zemin a s těmito vstupními parametry posuzujeme celou konstrukci, resp. svislou únosnost základové půdy. Mohli bychom také určovat různé kombinace zatížení, což by jistě vedlo k realističtějším výsledkům, pro porovnání však jistě postačí použití maximálních účinků u všech slo- žek zatížení:

- zatížení:
 $H = 250$ kN, $N = 650$ kN, $M = 120$ kNm;
- vlastnosti podloží:
 $c_{ef} = 14$ kPa, $\varphi_{ef} = 24,5^\circ$, $\gamma = 18,5$ kN/m³.

Po provedení výpočtu patka nevyhovuje, tzn. musíme např. zvětšit její rozměr.

(b) Jak již bylo řečeno, na konstrukci nejčastěji působí jiné než maximální účinky zatížení. Můžeme je nazvat jakýmsi váženým průměrem zatížení v čase. V našem pří- padě tedy:

$$H = 100$$
 kN, $N = 500$ kN, $M = 80$ kNm.

Pro podloží platí stejné vstupní parametry jako v předchozím případě. Po provedení výpočtu patka vyhovuje. Ovšem, s ja- kým rizikem pracujeme, s jakou pravděpodobností tento rozměr patky vyhoví? Pokud neznáme odpovědi, nemůžeme výpočet pokládat za směrodatný a musíme se vrátit k původ- nímu, což mimo jiné povede ke zdražení celé konstrukce.

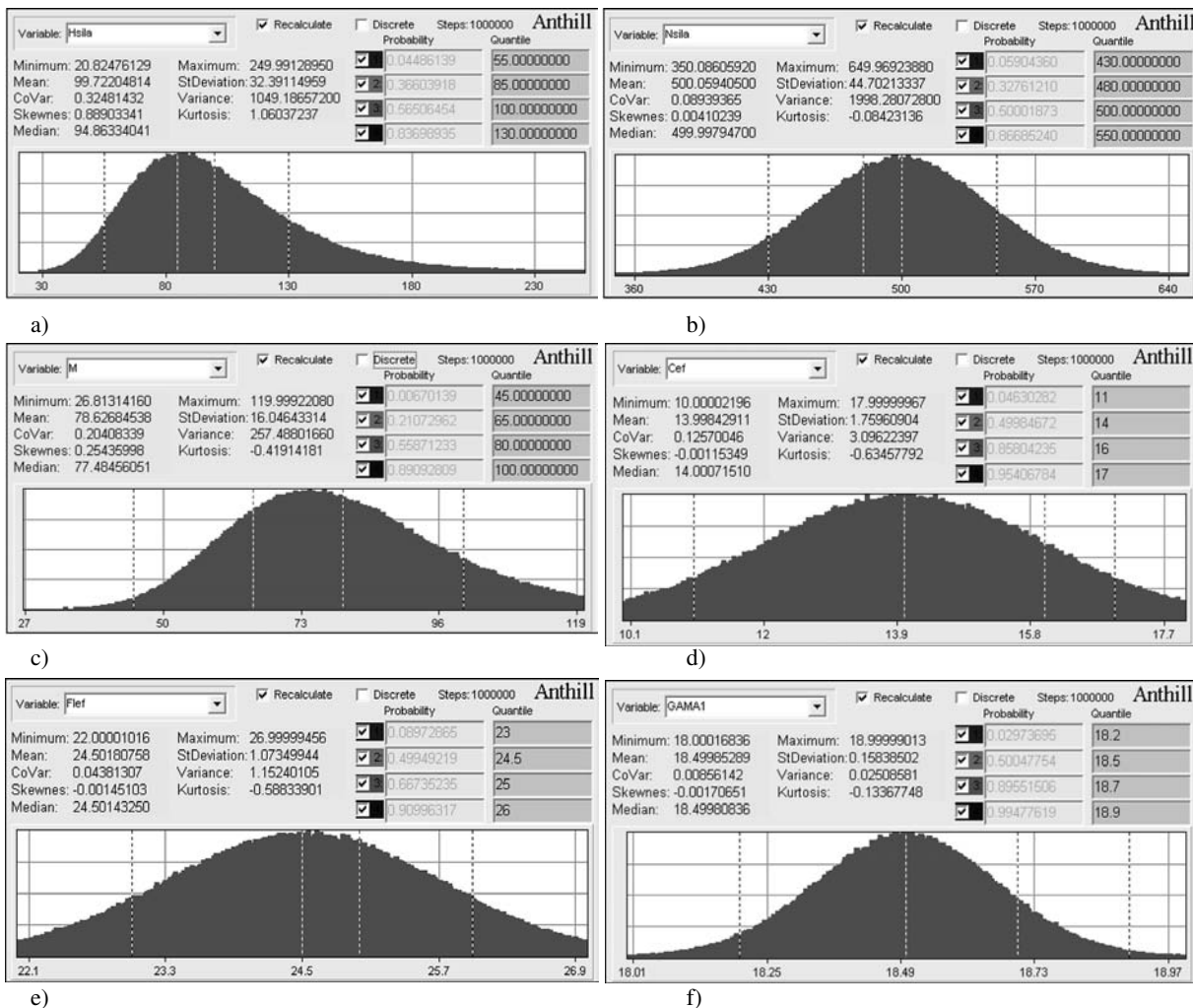
- Vlastní výpočet byl proveden programem Anthill, který počítá s použitím metody Monte Carlo. Program umožňuje zadávat vstupní parametry jako konstanty, veličiny se spo- jitým náhodným rozdělením i s diskretním náhodným roz- dělením. Rozdělení lze podle potřeby editovat, případně z naměřených hodnot sestavovat rozdělení vlastní.

Postup výpočtu je naprosto shodný s výpočtem podle rov- nice (10) z normy [1]. Rozdělení hustoty pravděpodobnosti vstupních veličin jsou znázorněna na obr. 3, na kterém je vidět nejen samotné rozdělení, střední hodnoty, maximální i minimální hodnoty, ale i některé kvantily.

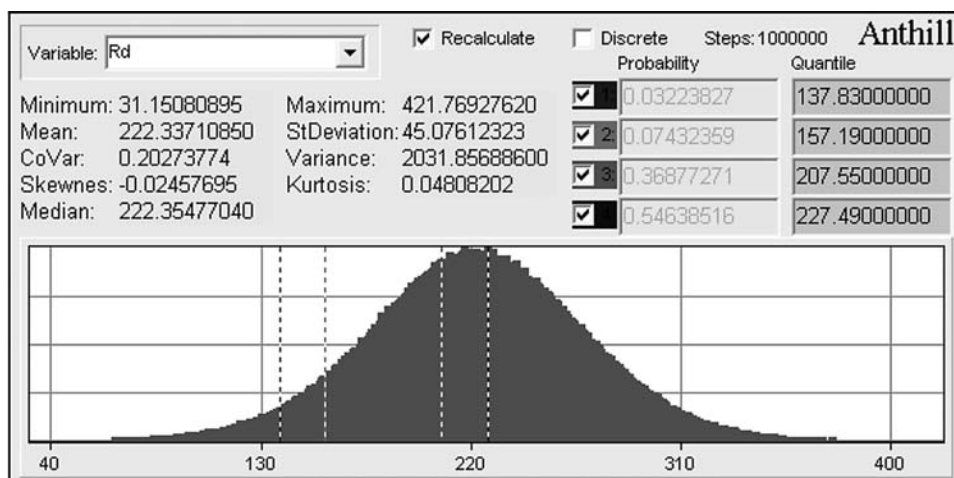
- Výsledky výpočtu pomocí metody Monte Carlo, při $N = 10^6$ simulacích, velice dobře korespondují svými prů- měrnými hodnotami s výpočtem ad (b). Porovnejme výpoč- tovou únosnost R_d (obr. 4) a kontaktní napětí od zatížení σ_k (obr. 5), což dokazuje i správnost výpočtu v programu Anthill:

$$R_{d,prům} = 222,3 \text{ kPa} \quad \text{proti} \quad R_{d(b)} = 227,5 \text{ kPa},$$

$$\sigma_{k,prům} = 148,6 \text{ kPa} \quad \text{proti} \quad \sigma_{k(b)} = 157,2 \text{ kPa}.$$



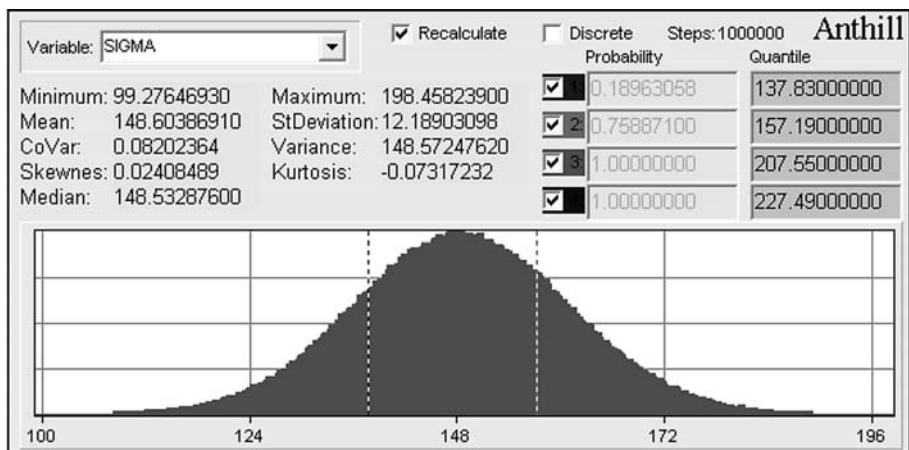
Obr. 3. Rozdělení hustoty pravděpodobnosti vstupních veličin
a – H, b – N, c – M, d – c_{ef} , e – φ_{ef} , f – γ



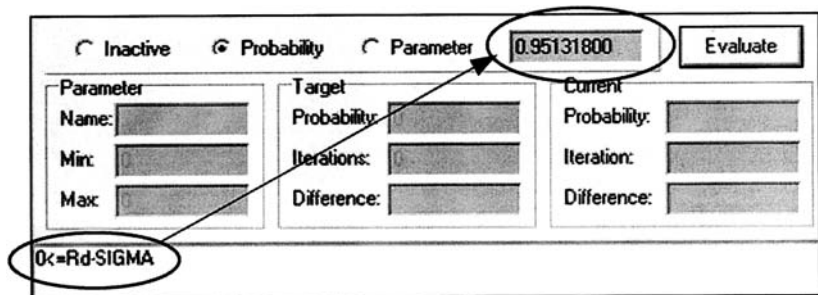
Obr. 4. Výsledné rozdělení svíslé únosnosti základové půdy R_d

Z výsledků pravděpodobnostní analýzy (obr. 4, obr. 5) lze vyvodit několik zajímavých postřehů. V porovnání s analytickým výpočtem za použití maximálních účinků zatížení, kde jsme obdrželi $R_{d(a)} = 137,83$ kPa a $\sigma_{t(a)} = 207,55$ kPa, pravděpodobnostní model ukazuje skutečnost, že zmiňovaná pevnost dosahuje celých 96,78 % ($100 - 3,22$ %, z obr. 4) případů. Naopak, takové kontaktní napětí jako v determinis-

tickém výpočtu v modelu pravděpodobnostním vůbec nenastane (viz kvantily na obr. 5). Je tedy zřejmé, že postup (a) je velmi konzervativní a tento stav ve skutečnosti nemůže nastat. Lépe řečeno, pravděpodobnost, že tento stav nastane, je velice malá, a tudíž zanedbatelná. K ošetření takovéto pravděpodobnosti by bylo zapotřebí vynaložit velké finanční náklady, což by bylo v mnoha případech neekonomické.



Obr. 5. Výsledné rozdělení kontaktního napětí v základové spáře σ_k



Obr. 6. Výsledná spolehlivost

Jak již bylo uvedeno, průměrné hodnoty získané metodou Monte Carlo dobře korespondují s postupem ad (b), ale na rozdíl od něj známe přesnou hodnotu rizika, které nastává. Program Anthill totiž umožňuje vypočítat rezervu spolehlivosti, resp. pravděpodobnost poruchy. Z obrázku 6, kde v dolní části je vidět podmínka spolehlivosti, lze zjistit zmíněnou rezervu spolehlivosti $(1 - p_f)$, resp. pravděpodobnost poruchy p_f , která činí

$$p_f = (1 - 0,9513) \cdot 100 \% = 4,87 \% \quad (11)$$

Závěry

Pravděpodobnostní postup výpočtu dává řešiteli možnost samostatně rozhodovat o vstupních parametrech a jejich rozdělení. Také se ukazuje, že analytický postup výpočtu je konzervativnější, viz použití nejnepríznivějších účinků zatížení ad (a). V pravděpodobnostním výpočtu lze lépe zohlednit kombinace zatížení, které vznikají za celou dobu ži-

votnosti konstrukce, což vede i k lepší optimalizaci nákladů. Další nemalou výhodou je jistě to, že jsme schopni stanovit riziko pro danou konstrukci. Je však třeba zdůraznit, že dosud není žádné doporučení ohledně rozdělení pravděpodobnosti vstupních parametrů, což by při nezkušenosti uživatelů mohlo vést ke špatnému určení pravděpodobnosti poruchy.

Příspěvek vznikl za podpory projektu 1ET410430516 „Spolehlivostní analýza geotechnických konstrukcí pomocí MKP“ programu Informační společnost.

Literatura

- [1] ČSN 73 1001 Základová půda pod plošnými základy. ČSNl, 1988.
- [2] Weiglová, K.: Mechanika zemin – cvičení. Brno, CERM 1998.
- [3] Teplý, B. – Novák, D.: Spolehlivost stavebních konstrukcí. Brno, CERM 1999.
- [4] Jarušková, D.: Pravděpodobnost a matematická statistika. Praha, Vydavatelství ČVUT 2000.

Parák, T.: Examination of Vertical Capacity of Subsoil by Monte Carlo Method and Comparison with Calculation according to ČSN 73 1001 Standard

This article shows probabilistic calculation of geotechnical constructions which yields better conception of the results than a deterministic procedure.

Parák, T.: Beurteilung der vertikalen Tragfähigkeit des Baugrundes mit der Monte-Carlo-Methode und Vergleich mit der Berechnung nach ČSN 73 1001

Ziel des Artikels ist es, die Differenz zwischen der deterministischen (nach der Norm) und mit der Wahrscheinlichkeitsrechnung (der Monte-Carlo-Methode) durchgeführten Berechnung geotechnischer Konstruktionen aufzuzeigen. Alles wird an einem einfachen Rechenbeispiel diskutiert.

Analýza teplot a proudění ve vytápěné místnosti

doc. Ing. Bohumil TARABA, CSc.

RNDr. Maria BEHŮLOVÁ, CSc.

STU – Materiálovotechnologická fakulta, Trnava

doc. RNDr. Ing. Stanislav ŠTASTNÍK, CSc.

Ing. Hana KMÍNOVÁ

VUT – Fakulta stavební, Brno

Článek se zabývá numerickou analýzou teplotních polí a pole proudění tekutiny ve vytápěné místnosti s ohledem na výsledky experimentálního měření. Zdrojem tepelné energie v místnosti je těleso ústředního vytápění. Přenos tepla do okolního vzduchu se realizuje na okně. Okrajové podmínky pro numerickou analýzu byly získány pomocí termografické kamery pro povrch okna. Numerická analýza byla provedena metodou konečných prvků v prostředí výpočetního systému ANSYS-Flotran. V závěru jsou porovnávány výsledky experimentálního měření a numerického výpočtu.

Úvod

Vývojová činnost v oblasti tepelně technického chování budov se v současnosti soustřeďuje na snížení tepelných ztrát v budovách – ztráty tepla vedením a prouděním – a zvýšení účinnosti využití dodávané tepelné energie za současného udržení nebo zlepšení mikroklimatických podmínek vnitřního prostředí. Tomuto trendu odpovídají současné požadavky tepelně technických norem, které jsou pro navrhování dílčích stavebních konstrukcí i budov závazné.

Okna bývají citlivým konstrukčním prvkem, na nichž se většinou v zimním období realizuje největší podíl tepelných ztrát z místností. Jejich vnitřní povrch bývá obtékán teplým vzduchem z tepelného zdroje (radiátoru), který se umísťuje pod okny. Ta se stávají z vnitřní strany místnosti plochou, na níž může za nepříznivých podmínek kondenzovat povrchová vodní pára. Kondenzační projevy se nepodaří vždy potlačit, neboť povrch okna nebývá teplým vzduchem od radiátoru obtékán souvisle po celé výšce. V důsledku tak jde o fragment ve stavební konstrukci, na němž se uplatňuje řada protichůdných požadavků. Z hlediska fyzikální formulace se na okně soustřeďuje několik poměrně komplikovaných pochodů vzájemně vázaných několika současně probíhajícími fyzikálními procesy. Výsledkem bývají:

- silně nehomogenní plošná teplotní pole na okně;
- lokálně rozdílné podmínky proudění vnitřního vzduchu vyvolané přítomností tepelného zdroje;
- lokální povrchová kondenzace vzdušné vlhkosti z okolního prostředí.

Za jistých klimatických podmínek k tomu přistupuje další jev. V současnosti se v odborné literatuře cituje jev, který souvisí s ochlazením vnějších povrchů stavebních konstrukcí účinkem sálavé schopnosti vůči otevřené bezoblačné atmosféře. Jeho účinnost lze pozorovat zvláště u dobře tepelně izolovaných konstrukcí.

Řada zmiňovaných jevů se neuplatní jen z tepelně technického hlediska jako zdroj tepelných ztrát, závažněji se projeví materiálovou degradací. Většinou nemusí jít o bezprostřední kondenzaci, na materiálovou degradaci má vliv

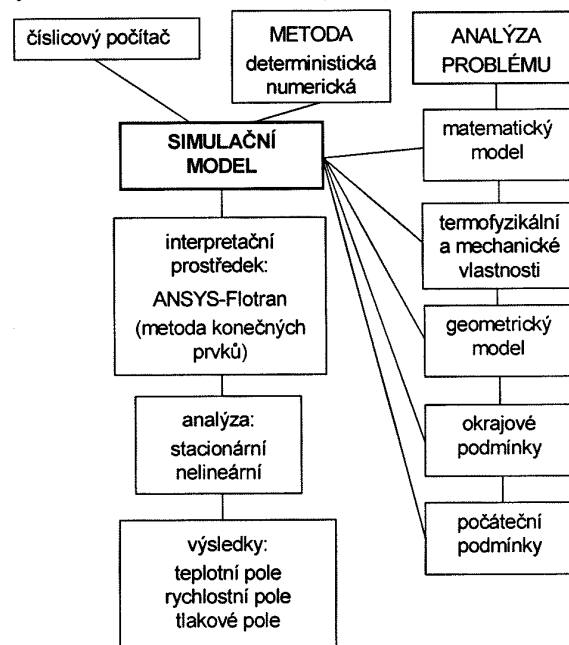
sorpce nebo vlhnutí staviv, což souvisí s pórovitostí většiny stavebních materiálů.

Pro exaktní řešení úprav konkrétní okenní konstrukce při rekonstrukci budovy, úpravy geometrie nebo zateplení ostění nevystačíme s obvyklým rozsahem poznatků, nepostačí ani zjednodušené výpočetní předpoklady. Jeví se účelné využít takového modelu, který adekvátně využívá aparátu se vzájemnou interakcí probíhajícími procesy. Velmi dobré užité vlastnosti moderních oken mohou být plně využity jen tehdy, existuje-li z geometrického hlediska a kompozice ostění, parapetu či nadpraží předpoklad jejich využití.

Cílem příspěvku je vymezit pomocí numerické analýzy teplotní, rychlostní a tlaková pole ve vytápěné místnosti, a porovnat teploty na vnitřním povrchu okna s experimentálním měřením získaným termovizní kamerou. Zdrojem tepla v místnosti je podokenní těleso ústředního vytápění. Do vnějšího prostředí se teplo odvádí hlavně oknem.

Simulační model

Problém řešení teplotních, rychlostních a tlakových polí je možné definovat [1] jako dynamický tepelný a fluidní systém, v němž se sledované fyzikální veličiny mění v prostoru, přičemž limitní je jeho ustálený stav. Po uvážení dalších hledisek předložené úlohy lze modelovou úlohu označit za deterministický, spojitý a nelineární systém. Stochastické jevy nejsou uvažovány. Asymptotický matematický model, pod který spadají dynamické tepelné úlohy s okrajovými podmínkami, vyžaduje definování podmínek jednoznačnosti, a to geometrických, okrajových, počátečních a tepelně fyzikálních vlastností materiálů (obr. 1).



Obr. 1. Schéma modelování numerického experimentu

Simulační počítačový model má charakter informačního experimentu analyzovaného deterministickou metodou s numerickou analýzou, modelové řešení probíhá číslicovou simulací. Výsledek by měl velmi těsně odpovídat reálnému fyzikálnímu procesu a být věrohodným obrazem hledaného stavu modelovaných fyzikálních procesů [2].

Teoretická východiska

Proudící suchý vzduch v procesu přenosu energie teplem je považován za kontinuum a proudění je časově ustálené. Pro modelovou úlohu je zákon o zachování hmotnosti vyjádřen ve formě rovnice kontinuity pro stlačitelnou tekutinu ve vektorovém tvaru [3]

$$\mathbf{w} \operatorname{grad} \rho + \rho \operatorname{div} \mathbf{w} = 0 \quad [\text{kg} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{s}^{-1}] \quad (1)$$

Navierova–Stokesova věta, vyjadřující rovnováhu jednotkových sil působících na hmotnostní prvek proudící tekutiny, má při neizotermickém turbulentním proudění viskózní a stlačitelné tekutiny tvar [3]

$$\mathbf{w} \operatorname{grad} \mathbf{w} = \mathbf{g}(1 + \alpha_v \Delta T) \rho - \frac{1}{\rho} \operatorname{grad} p + \nu \nabla^2 \mathbf{w} + \frac{1}{3} \nu_{ef} \operatorname{grad}(\operatorname{div} \mathbf{w}) \quad [\text{m} \cdot \text{s}^{-2}] \quad (2)$$

kde \mathbf{w} je vektor rychlosti [$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$], \mathbf{g} gravitační zrychlení [$\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$], p tlak [Pa], ν kinematická viskozita [$\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$] a α_v teplotní součinitel objemové roztažnosti [K^{-1}].

Fourierova–Kirchhoffova diferenciální rovnice vedení tepla je uvažována pro stacionární stav izotropní stlačitelné látky ve tvaru [3], [4]

$$c_p(T) \rho(T) \mathbf{w} \operatorname{grad} T = \lambda(T) \nabla^2 T + \dot{W}_t + \dot{E}_k + \dot{Q}_t, \quad [\text{W} \cdot \text{m}^{-3}] \quad (3)$$

kde \dot{W}_t je práce třecích sil [$\text{W} \cdot \text{m}^{-3}$], \dot{E}_k kinetická energie [$\text{W} \cdot \text{m}^{-3}$], \dot{Q}_t generace energie v jednotce objemu za jednotku času [$\text{W} \cdot \text{m}^{-3}$], $\lambda(T)$ součinitel tepelné vodivosti [$\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$], $c_p(T)$ specifická tepelná kapacita [$\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$] a $\rho(T)$ objemová hmotnost [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$].

Pro řešení tepelných úloh se nejčastěji používá okrajová podmínka 1. druhu (Dirichletova) ve tvaru

$$T(\mathbf{r}_s) = T, \quad [\text{K}] \quad (4)$$

resp. okrajová podmínka 3. druhu (Fourierova), která je daná rovností hustoty tepelného toku vedením a konvekcí na povrchu

$$-\lambda(T) \operatorname{grad} T = h(T_s - T_r), \quad [\text{W} \cdot \text{m}^{-2}] \quad (5)$$

kde h je součinitel přestupu tepla volnou konvekcí [$\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$], T_s teplota povrchu [K] a T_r teplota okolního prostředí [K].

Výsledný efektivní zářivý tok $\Phi_{e,12}$ mezi šedými tělesy všeobecně situovanými v prostoru je vyjádřený Stefanovými–Boltzmannovým zákonem ve tvaru [3]

$$\Phi_{e,12} = \varepsilon_{12} \sigma_0 A_{\text{ref}} (T_{s1}^4 - T_{s2}^4) \varphi_{12}, \quad [\text{W}] \quad (6)$$

kde A_{ref} je referenční plocha (A_1 anebo A_2), ε_{12} emisivita vyzařujících ploch [–], σ_0 Stefanova–Boltzmannova konstanta [$\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-4}$] a φ_{12} úhlový koeficient ozáření (tvarový koeficient) [3]

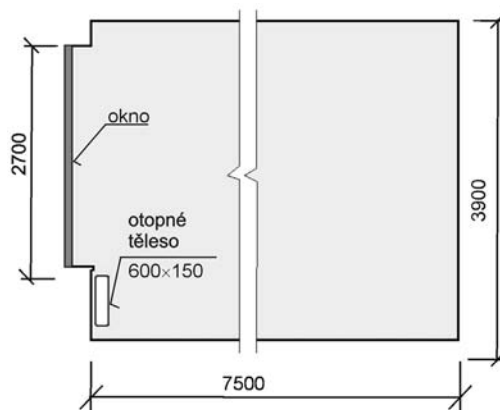
$$\varphi_{12} = \frac{1}{A_{\text{ref}} A_1} \int_{A_1} \int_{A_2} \frac{\cos \varphi_1 \cos \varphi_2}{\pi r^2} dA_2 \quad [–] \quad (7)$$

Analýza rychlostních a tlakových polí zpravidla požaduje zadání okrajové podmínky 1. druhu ve tvaru

$$p(\mathbf{r}_s) = p \quad \text{a} \quad \mathbf{w}(\mathbf{r}_s) = \mathbf{w}$$

Geometrický model

Ve sledované oblasti jej představuje svislý řez místností délky 7,5 m a výšky 3,9 m bez zařízení (obr. 2). Okno je modelované na základě jeho tepelného odporu $R = 0,625 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$, přičemž pro tloušťku 0,04 m je ekvivalentní hodnota koeficientu tepelné vodivosti $\lambda_{ekv} = 0,064 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$.



Obr. 2. Základní rozměry dvojrozměrného modelu

Tepelně fyzikální vlastnosti suchého vzduchu

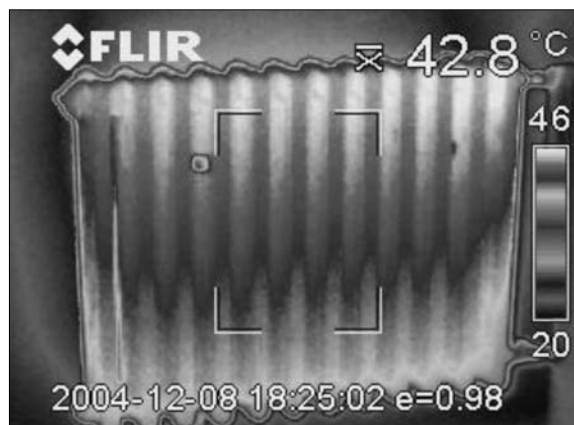
Za proudící tekutinu je ve sledované oblasti považován suchý vzduch (tab. 1) při tlaku 101 325 Pa.

Tab. 1. Fyzikální parametry suchého vzduchu při tlaku 101 325 Pa [5]

T [K]	ρ [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$]	c_p [$\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$]	λ [$\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$]	$\nu \cdot 10^6$ [$\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$]
263,15	1,3420	1009	0,0236	12,42
283,15	1,2474	1004	0,0248	14,16
303,15	1,1649	1004	0,0264	16,00
323,15	1,0929	1009	0,0276	17,95
343,15	1,0290	1009	0,0291	20,02

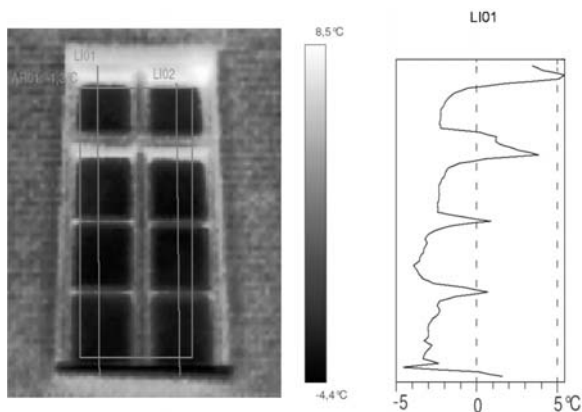
Okrajové podmínky

Stěny místností jsou zatíženy okrajovou podmínkou prvního druhu. Jejich teplota se v čase nemění a má stálou hodnotu 20 °C (293,15 K). Teplotní pole povrchu otopného tělesa (obr. 3) a vnější plochy okna (obr. 4) byla zaměřena ter-



Obr. 3. Teplotní pole povrchu otopného tělesa

movizní kamerou FLIR typu E4 a po vyhodnocení zadána jako okrajová podmínka pro modelovou úlohu. Teplota spodní plochy otopného tělesa je 20 °C (293,15 K), vrchní plochy 46 °C (319,15 K), u svislých stěn je lineárně rozložena od 20 °C (293,15 K) do 46 °C (319,15 K). Emisivita povrchu radiátoru je uvažována 0,98, emisivita vnitřního povrchu stěn místnosti 0,9 [6].



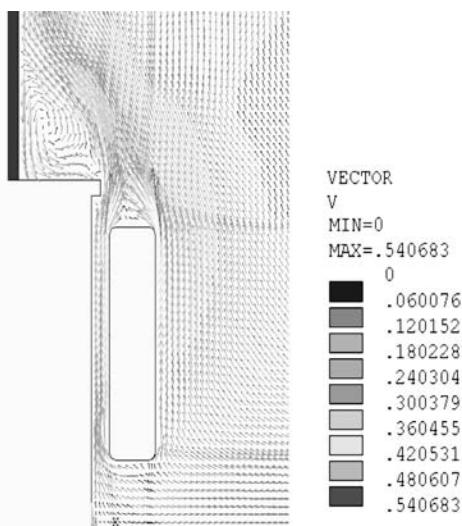
Obr. 4. Teplotní pole povrchu vnější plochy okna

Absolutní tlak vzduchu ve sledované oblasti činí 101 325 Pa. Výpočtem se získá přírůstek tlaku v uzlech generované sítě. Rychlost proudění vzduchu je na stěnách místnosti, vnitřní ploše okna a teplosměnné ploše otopného tělesa nulová, tj. $w_x = 0$, $w_y = 0$.

■ **Počáteční podmínka** není definovaná z důvodu realizace kvazistacionární analýzy.

■ Atributy řešení simulačního modelu

Modelová úloha je definovaná jako uzavřený termodynamický systém, ve kterém nedochází k výměně pracovní látky s okolím. Pracovní plynná látka je stlačitelná a předpokládá se její turbulentní proudění. Součástí simulačního modelu je přenos energie radiací. Výpočetní procedura programem ANSYS-Flotran je stacionární a nelineární.

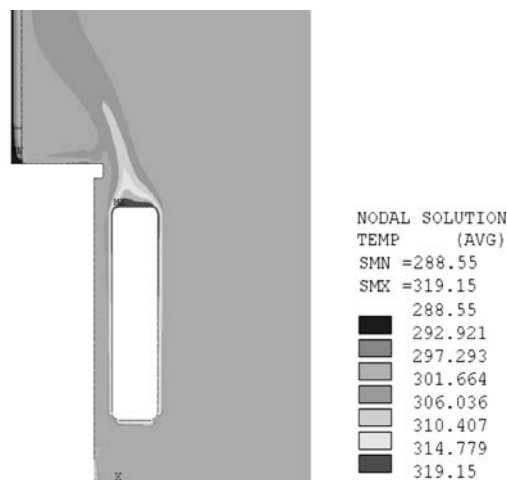


Obr. 5. Rychlostní pole [$m \cdot s^{-1}$] v oblasti ohřevu a spodní části okna

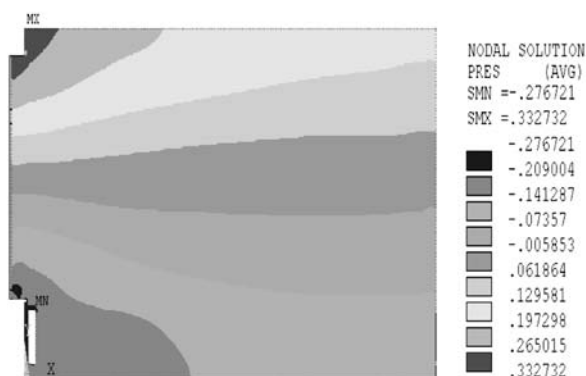
Výsledky numerické simulace

Ze širokého spektra výsledků, které poskytuje numerická simulace, jsou uvedeny jen důležité výsledky s cílem poukázat na charakter řešeného procesu. Na obrázku 5 je zná-

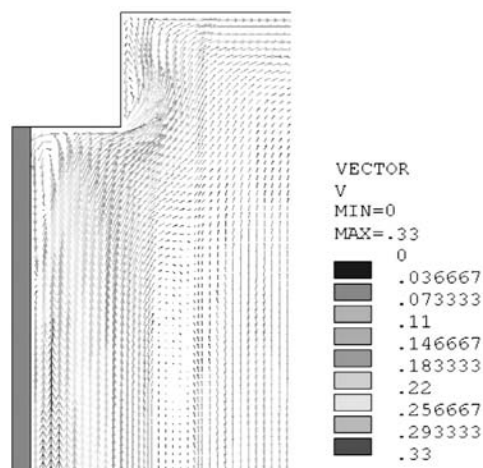
zorněno rychlostní pole proudění vzduchu okolo stěn otopného tělesa a spodní části okna. Obrázek 6 ukazuje ustálené teplotní pole v oblasti ohřevu a ve spodní části okna. Rozložení přírůstků tlaku ve svislém průřezu místnosti je na obr. 7. Charakter proudění vzduchu v horní části okna ukazuje obr. 8. Ustálené teplotní pole v přední části místnosti je na obr. 9.



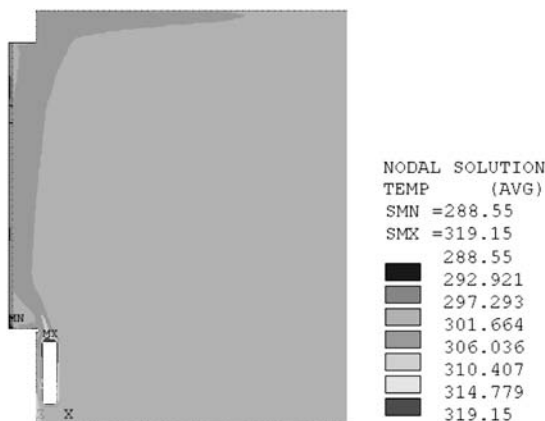
Obr. 6. Teplotní pole [K] v oblasti ohřevu a spodní části okna



Obr. 7. Tlakové pole [Pa]



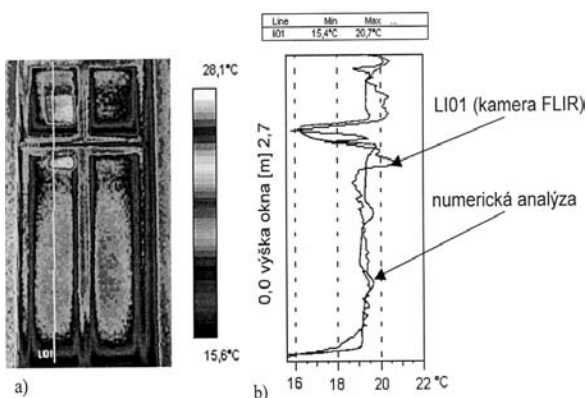
Obr. 8. Rychlostní pole [$m \cdot s^{-1}$] v horní části okna



Obr. 9. Teplotní pole [K] v přední části místnosti

Porovnání výsledků

Mezi výsledky z experimentu a numerické analýzy byla jako kontrolní zvolena vnitřní plocha okna. Snímek z termografické kamery je na obr. 10. Zachycuje i závislost teplot v řezu LI01 po výšce okna získané termovizí a z numerické analýzy.



Obr. 10. a – snímek vnitřního povrchu okna z termovizní kamery, b – porovnání změřené a vypočtené závislosti teploty [°C] po výšce okna

Diskuze výsledků a závěr

Předložený příspěvek má verifikační charakter. Cílem je spojit aktuální metody analýzy teplotních polí – experimentální metodu snímání teplotních polí termovizní kamerou FLIR typu E4 a numerickou simulaci založenou na MKP (program ANSYS-Flotran) a porovnat teploty na kontrolní ploše. Důraz je kladen na numerickou simulaci, metodiku tvorby simulačního modelu a jeho aplikaci pro dvojrozměrnou sdruženou úlohu v případě potřeby současného řešení tepelných a fluidních rovnic.

Souhrnně se použitým metodickým postupem prokazuje těsná korelace mezi procesem vzdušného proudění, který je vyvolán přítomností tepelného zdroje, a teplotním stavem okení konstrukce vůči výsledku zachycenému termovizní kamerou, jež odráží reálný fyzikální proces na stavebním díle. I když je okno osazeno kvalitním izolačním dvojsklem s koeficientem prostupu tepla $U = 1,1 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$, velikost tepelných ztrát je větší než údaj zjištěný obvyklým výpočtem z teplotního rozdílu mezi vnitřním a vnějším prostředím.

Výsledky numerické analýzy poukazují na fyzikální realnost procesu ohřevu vzduchu a jeho proudění v důsledku působení vztlakových sil. Taktéž porovnání teplotního průběhu na vnitřní ploše okna poukazuje na dobrou shodu naměřených a vypočítaných teplot.

Příspěvek byl vypracován v rámci česko-slovenského projektu č. 086 mezi Materiálově technologickou fakultou STU v Trnavě a Fakultou stavební VUT Brno a souvisejících projektů č. 103/03/0839 GA ČR a č. 1/2101/05 VEGA SR.

Literatura

- [1] Kuneš, J. – Vavrouch, O. – Franta, V.: Základy modelování. TKI Praha, 1989.
- [2] Taraba, B.: Priama úloha prúdenia vzduchu s prestupom tepla – 3D aplikácia ANSYS-Flotran CFD. Výpočtová mechanika. Nečtiny, 2001.
- [3] Taraba, B. – Behúlová, M. – Kraváriková, H.: Mechanika tekutín. Termomechanika. ES STU, Bratislava, 2004.
- [4] Theoretical Manual ANSYS, 2004.
- [5] Taraba, B. – Behúlová, M. – Kraváriková, H.: Mechanika tekutín. Termomechanika, [Zbierka príkladov], ES STU, Bratislava, 2002.
- [6] Šťastník, S. – Zach, J.: Zkoušení izolačních materiálů. Brno, CERM 2002.

Taraba, B. – Behúlová, M. – Šťastník, S. – Kmínová, H.: Analysis of Temperature and Air Flow in a Heated Room

This article describes the numerical analysis of temperature and fluid fields in a heated room supported by experimental measurement. A central heating body acts as an energy source in the room. The heat transfer into ambient air occurs through the window. The boundary condition for the numerical analysis on the external side of the window has been obtained by the thermo camera. The numerical analysis was carried out using the finite element code ANSYS-Flotran. The results of the experimental measurement and the numerical solution were compared.

Taraba, B. – Behúlová, M. – Šťastník, S. – Kmínová, H.: Analyse der Temperaturen und der Strömungen in einem beheiztem Raum

Der Aufsatz befasst sich mit der numerischen Analyse der Temperatur- und Strömungsfelder im beheiztem Raum mit Unterstützung einer experimentellen Messung. Die Wärmequelle in einem geschlossenen Raum ist ein Heizkörper der Zentralheizung, und der Wärmeverlust wird durch das Fenster nach außen abgegeben. Die Randbedingungen für die mit der Methode der finiten Elemente mit dem ANSYS-Flotran-Programmpaket durchgeführten numerischen Analyse wurden durch thermografische Messung gewonnen. Die Ergebnisse der experimentellen Messungen werden mit den Ergebnissen der numerischen Lösung verglichen.

System ZHIS a iteračné výpočty podprvkov koľajového zhlavlia

Ing. Stanislav HODAS, Ph. D.
Žilinská univerzita – Stavebná fakulta

V článku sú uvedené iteračné výpočty zložitých konštrukčných prvkov a skupín v koľajovom zhlaví v rámci systému geodetických informácií ZHIS za účelom vyhodnotenia a analyzovania skutočnej priestorovej polohy výhybkových objektov v železničnom zhlaví v závislosti na registrovanom modelovom stave v informačnom systéme vlastníka koľajiska. Softvérové riešenie systému je časťou celého technologického procesu „koľajisko → ZHIS → koľajisko“.

Úvod

Koľajové zhlavie, zložené z množstva jednoduchých oblúkových výhybiek jednostranných a obojstranných, križovatkových výhybiek polovičných a celých, križovatiek a oblúkov rôznych typov s prechodnicami ako kubická parabola, Blossová alebo klotoidická, prípadne prechodnice iných železníc, patria k veľmi dôležitým častiam železničného koľajiska, ktoré podstupujú značné bezpečnostné riziko. Bezpečnosť a plynulosť osobnej a nákladnej dopravy patria k prvoradým úlohám železničného staviteľstva, pritom sa účastníci dopravy musia spoľahnúť na vybudované objekty v koľajisku, t. j. musia zodpovedať platným normám a predpisom príslušnej oblasti. Uvedenú skutočnosť môžeme ovplyvniť pravidelnou kontrolou a údržbou smerovej a výškovej polohy objektov, v našom prípade sa budeme hlavne venovať železničným výhybkám v častiach, kde sú najviac zoskupené – koľajovým zhlaviam.

Priestorová poloha je daná bodmi výhybkových objektov so svojimi súradnicami a výškami, ktoré sú v skutočnosti ovplyvňované rôznymi nežiadúcimi vplyvmi: prejazdom, brzdením, rozbiehaním vlakových súprav, bočnými a zvislými rázmi kolies o objekty, tepelnou rozťažnosťou materiálov, kvalitou podložia alebo železničného zvršku. Na zistenie skutočnej polohy objektov v koľajisku sú určené geodetické merania, ktorých výsledky sú porovnávané s požadovanými hodnotami ich priestorovej polohy. Určitém softvérovým riešením je systém geodetických informácií ZHIS [2], ktorý slúži ako stredný článok ucelenej technológie „koľajisko → ZHIS → koľajisko“, čo predstavuje „geodetické merania → vyhodnotenie a analýzu posunov v ZHIS → údržbu priestorovej polohy výhybiek automatickými strojnými podbýjačkami (ASP)“.

Systém geodetických informácií ZHIS je riešený ako blokový výpočtový model zhlavlia, ktorý je možné v rámci informačného systému aj upravovať (adaptabilitnosť modelu). Pri definovaní ZHIS sú využívané klasické vzorce používané na výpočty inžinierskej geodézie železničného staviteľstva, ale ak nastane komplikovaná konštrukčná záležitosť, sú využívané iteračné spôsoby výpočtu, ktoré sú vysvetlené na praktickom príklade iteratívneho postupu oblúkovej koľajovej spojky v ZHIS.

Iteračné metódy patria dnes k obľúbenému získavaniu výsledných hodnôt, hlavne pri konštruovaní zložitých zoskupení prvkov, kde je vzhľadom na množstvo medzivýsledkov a komplikovaných vzorcov a ich odvodení závislých medzi sebou a na seba jednoduchšie vytvoriť komplet zostavy výpočtov (tab. 1), nasadiť objekty do koľajiska a postupným

Tab. 1. Ukážka iterácií oblúkovej spojky pre $m_{OBL} = 6000 \text{ m}^3$ pri rôznych r_1/r_2

r_1/r_2 [m]	krokkS [g]	delitelKS [I. až VI.]	m_{OBL} [m] – iterácie ¹⁾						1. krok Δ_{KS} na r_2 [m]	
			I.	II.	III.	IV.	V.	VI.		
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	
500/505 ⁴⁾	-0.01	10	6.359	6.028	6.004	6.000	6.000	6.000	0.079	
600/605	-0.01	10	6.073	6.014	6.003	6.000	6.000	6.000	0.095	
700/705	-0.01	10	6.223	6.068	6.006	6.000	6.000	6.000	0.111	
800/805	-0.01	10	6.504	6.004 ²⁾	6.004 ²⁾	6.001	6.000	6.000	0.126	
900/905	-0.01	10	6.677	6.049	6.012	6.000	6.000	6.000	0.142	
1000/1005	-0.01	10	6.021 ²⁾	6.021 ²⁾	6.005	6.001	6.000	6.000	0.158	
1200/1205	-0.01	10	8.123	6.144	6.014	6.001	6.000	6.000	0.189	
1500/1505	-0.01	10	8.054	6.024 ²⁾	6.024 ²⁾	6.001	6.000	6.000	0.236	
Poznámky: 1) Pri vložených výhybkách oblúkovej obojstrannej 1:12-500 a jednostrannej 1:12-500. 2) Skončili na rovnakom dieliku v oboch iteráciách. 3) Pri iteráciách bola požadovaná stredná chyba $D_{r_{OBL}} = \pm 0 \text{ mm}$, postačuje $\pm 5, \pm 7 \text{ mm}$, a pod. 4) Ak polomer r_{kvo1} je rovný polomeru r_2 v základnom tvare výhybky, bude vložená jednoduchá výhybka										
V iteráciách:			(1)	Po ukončení iterácie:						(7)
$\alpha_{SV1}' = \sigma_{SV1-VB'OBL} - \sigma_{SV1-SV2}'$			(2)	$\mu_{VBOBL} = 200^g - (\alpha_{SV1} + \alpha_{SV2})$						(8)
$\alpha_{SV2}' = \sigma_{SV2-SV1} - \sigma_{SV2-VB'OBL}$			(3)	$\mu_{OBL} = 200^g - \mu_{VBOBL}$						
$t_{SV1}' = s'_{SV1-SV2}' \cdot \frac{\sin \alpha_{SV2}'}{\sin(\alpha_{SV1}' + \alpha_{SV2}')}$			(4)	$r_{OBL} = \frac{t_{OBL}}{\text{tg} \frac{\mu_{OBL}}{2}}$						(9)
$t_{SV2}' = s'_{SV1-SV2}' \cdot \frac{\sin \alpha_{SV1}'}{\sin(\alpha_{SV1}' + \alpha_{SV2}')}$			(5)	$d_{OBL} = r_{OBL} \cdot \frac{\pi \cdot \mu_{OBL}}{200^g}$						(10)
$t_{OBL}' = t_{SV2}' - t$			(6)	$Y_{VBOBL} = Y_{SV1} + (t + m_{OBL} + t_{OBL}) \cdot \sin \sigma_{SV1-VB'OBL}$						(11)
$m_{OBL}' = t_{SV1}' - t - t_{OBL}'$				$X_{VBOBL} = X_{SV1} + (t + m_{OBL} + t_{OBL}) \cdot \cos \sigma_{SV1-VB'OBL}$						(12)

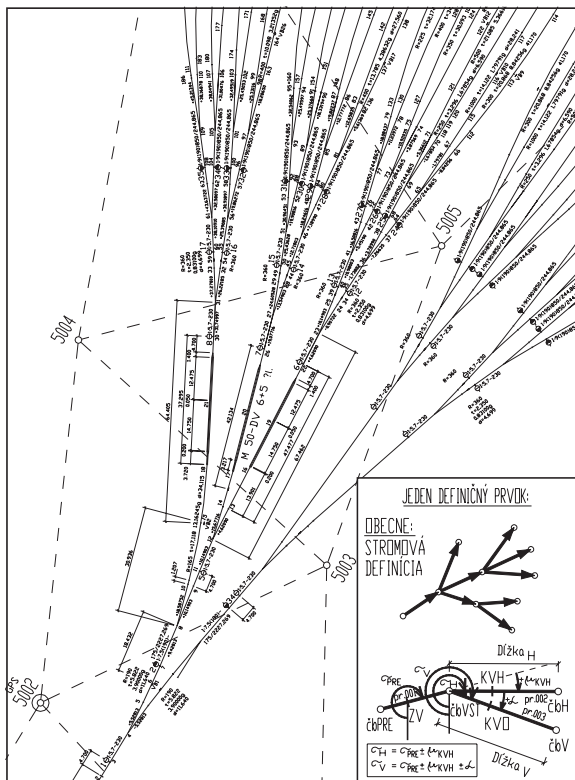
približovaním dosiahnuť rovnaký výsledok v rámci požadovanej strednej chyby určovanej hodnoty.

Systém ZHIS je zabudovaný v rámci informačného systému správcu koľajiska, stanice, traťového úseku alebo množstva zhlaví na vlečkách a vo firmách. Geodet vyhodnotí svoje merania vzhľadom na registrovaný model daného výhybkového zhlaví v ZHIS a odovzdá údaje po ich analýze na realizáciu vykonania smerových a výškových úprav výhybiek.

ZHIS v rámci informačného systému

Systém ZHIS pristupuje ku koľajovému zhlaviu ako ku komplexnému prvku železničnej infraštruktúry, nakoľko jednotlivé konštrukcie sú zoskupené v celku a vzájomne sa ovplyvňujú. Výhybkové objekty sú zviazané medzi sebou a zmena jedného z nich ovplyvní predchádzajúce a nasledujúce objekty.

Model koľajového zhlaví v ZHIS, registrovaný v informačnom systéme, je definovaný ako stromová štruktúra uzlami od svojho kmeňa systémom „predchodca – nasledovník“ [2], model 2601-55-007 na obr. 1. Prítom sú využívané databázy súborov so súradnicami a výškami hlavných bodov stromu, zhlaví a jednotlivých objektov. Registrované body stromovej štruktúry sú vždy zadané, nie všetky body musia byť v databázach, ale sa dopočítajú automaticky od hlavných bodov stromu koľajového zhlaví a objektov.



Obr. 1. Kolajové zhlavie rozpúšťacej skupiny – CAD 2601-55-007

Systém ZHIS (obr. 2) pracuje v troch úrovniach. Prvá, MODEL I, vykoná po načítaní dát z projektu doplnenie dĺžok medzi uzlami stromu, skontroluje smerníky σ_{zi} od nasadenia kmeňa stromu (prípadne viac kmeňov v danom zhlaví), pomocou uhlov odočtení výhybiek a oblúkov (μ_{KVH_i} a μ_{KVO_i} – uhly odočtenia hlavnej a odočnej vetvy, α_i – stredové uhly výhybiek a oblúkov) až po smerníky σ_{K_i} všetkých koncových napojení zhlaví do koľaj, t. j. kontrolovaný je celý projekt koľajového zhlaví, aby jednotlivé prvky modelu boli správne v informačnom systéme registrované.

Ak projekt neexistuje, je potrebné ho po základnom geodetickom meraní vytvoriť podľa skutočného zhlaví v koľajisku (nový návrh alebo optimalizácia stavu). Systém ZHIS neslúži na projektovanie železničných zhlaví, ale na základe projektu je vytvorený ako systém geodetických informácií v informačnom systéme správcu koľajiska na vyhodnocovanie a analyzovanie následných kontrolných geodetických meraní. V dnešnej dobe sa dáva prednosť pri vyhodnocovaní priestorovej polohy k absolútnemu stavu, t. j. projektovanému, hlavne pre rýchlostné pásma RP3 až RP5 podľa STN 73 6360 [9] alebo vyššie rýchlostí, aby bola poloha stále počas mnohých rokov prevádzky.

Úroveň systému MODEL II umožňuje editáciu (zmenu) všetkých parametrov stromovej štruktúry zhlaví, zabezpečuje to jeho definícia (adaptabilnosť). Spustením MODEL II sa prepočíta celé zhlavie opakovane pri každej zmene, napríklad stredových uhlov konštrukcií, typu výhybky alebo iných objektov.

Blková/šif. VST	PFE	Hlavná vetva - H	Odočňovacia - V
D. KÓD. OBJ. Čís.	Čís.	OBJ. UHOL. DĹŽKA. Čís.	OBJ. UHOL. DĹŽKA. Čís.
SV vyh.20 512	509	pr.033 -1.52813 25.266 523	pr.034 11.95625 25.266 524
SV vyh.23 513	507	pr.035 -1.57621 44.619 610	pr.036 -7.04466 41.704 611
SV vyh.30 514	507	pr.038 -1.57621 52.796 613	pr.037 +7.04466 21.182 612
SV vyh.31 515	508	pr.039 -1.57621 68.925 614	pr.040 -7.04466 53.958 615
SV vyh.32 516	508	pr.042 -1.57621 53.079 617	pr.041 +7.04466 57.238 616
SV vyh.33 517	509	pr.043 -1.57621 38.401 618	pr.044 -7.04466 79.961 620
SV vyh.34 518	509	pr.047 -1.57621 70.177 622	pr.046 +7.04466 82.759 621

Obr. 2. Bloková definícia stromovej štruktúry zhlaví v ZHIS

V prípade, že je model vypracovaný a skontrolovaný, úroveň MODEL III vloží tento model zhlaví do informačného systému a k tomuto modelu budú analyzované geodetické merania. Ak je model koľajového zhlaví vytvorený, považuje sa za nemenný (len ak by nastala zmena konštrukčných prvkov), geodet sa mu nemusí venovať, ale je len porovnávaná skutočná poloha objektov v koľajisku s modelom v informačnom systéme.

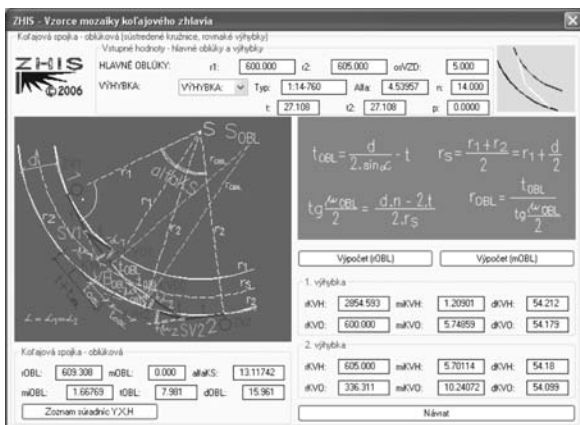
Iteratívne výpočty podprvkov

V niektorých prípadoch zložitejších konštrukčných prvkov výhybkových zhlaví je vhodné využiť iteratívne postupy výpočtov, nakoľko vo výpočtoch sa stretnú zložité výpočtové schémy v rámci mozaiky zhlaví. Pri výpočtoch, kde výsledné hodnoty sú určené vzorcami klasicky [2], [6], by vzniklo množstvo medzivýsledkov s kladnými a zápornými hodnotami podľa umiestnenia podprvkov, ktoré by bolo potrebné ošetriť v množstve variantov. Uvedenú skutočnosť vylúči vhodné využitie iterácie s kontrolou výsledných hodnôt s požadovanou strednou chybou ich určenia $\pm D_{mOBL}$ (obr. 5). Iteratívne postupy sú ilustrované na oblúkovej koľajovej spojke (zložené oblúky typu „oblúk/L-priama-oblúk/P-oblúk/P“), kde nastane komplikácia napríklad po vložení obojstrannej výhybky, čím vzniknú oblúky opačných smerov, medzi ktoré je potrebné podľa normy [9] vložiť priamy úsek m_{OBL} .

Klasické výpočty podprvkov zhlaví

Pri konštrukcií, kde je možné použiť jednoznačnú vzorcovú štruktúru (obr. 3), nebudú využívané iteratívne postupy

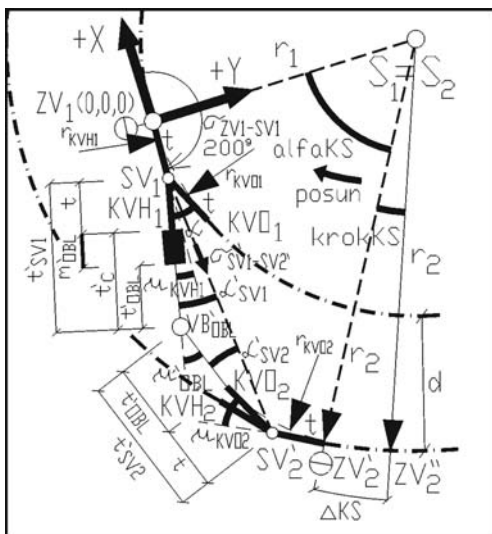
[8]. Štruktúra výpočtov je daná a po výpočte sú získané priamo jednoznačne hodnoty výsledkov, napríklad ak do koľajovej spojky namiesto oblúkovej obojstrannej výhybky je vložená jednostranná. V postupe ZHIS sa použije položka „Výpočet(rOBL)“, čím sú priamo zobrazené výsledné hodnoty prvkov oblúkovej koľajovej spojky bez medzipriamej. Pritom sa môže použiť aj iteratívny postup procedúrou „Výpočet(mOBL)“ s tým, že je možné porovnanie obidvoch výsledkov pri $m_{OBL} = 0$.



Obr. 3. Oblúčková koľajová spojka – CAD 2601-55-012

Iteratívne výpočty konštrukcií

Iteračné výpočty predstavujú doplnok komplexného riešenia ZHIS ako praktickej aplikácie, ktorá musí spĺňať parametre a podmienky normy [9]. V prípade iteračného výpočtu je v prvom rade potrebný návrh blokovej schémy výpočtu, t. j. návrh matematických vzorcov, akoby bola obecné vypočítaná celá požadovaná konštrukčná činnosť (tab. 1), v našom prípade zostaneme pri príklade oblúkovej spojky umiestnenej do sústredných kružníc osí koľají r_1/r_2 (prípadne nesústredných), obr. 4 s návrhom nasadenia bodu ZV_2 výhybky č. 2 v príľahlej koľaji, napríklad s uhlom jej nasadenia α_{faKS} .



Obr. 4. Schéma iteratívneho výpočtu

Vnútročné konštrukčné vzťahy výhybiek č. 1 a č. 2 (uhol α_i alebo pomer $1 : n_i$) a uhol vetiev závislých od veľkosti polomerov r_1 a r_2 (transformácie r_{KVH1} , r_{KVO1} , μ_{KVH1} , μ_{KVO1}) sú dané samotnou štruktúrou objektov, pričom je potrebný skúmaný bod VB_{OBL} , t. j. kde sa pretnú odbočné vetvy t_{SV1} a t_{SV2} obidvoch dotýčnic.

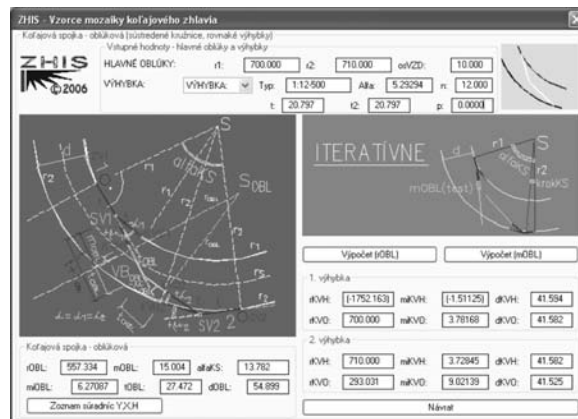
Úlohou výpočtu je určiť medzipriamu m_{OBL} (po odčítaní ramien t oboch výhybiek a dĺžky dotýčnice oblúka t_{OBL} medzi výhybkami a VB_{OBL}), ktorá je porovnávaná s požadovanou hodnotou $m_{OBL} \pm D_{mOBL}$ (z praktického hľadiska je použitá len $+D_{mOBL}$, aby bola hodnota väčšia než požadovaná). Ak je iteračne $m_{OBL}' > m_{OBL}$, nastane prvý krok iterácie *krokKS*, až kým nebude splnená daná podmienka, potom sa vráti o jeden krok späť a nasleduje ďalšia iterácia s menším krokom s deliteľom $krokKS = krokKS / delitelKS$. Vzorce iterácie jednotlivých prvkov boli prezentované v [1], [6], [7] a tab. 1.



Obr. 5. Nastavenie parametrov iterácie v ZHIS

Základom ucelenej konštrukcie je výpočtový polygón $ZV_1-S_1(S_2)-ZV_2'-SV_2'-VB_{OBL}'-SV_1-ZV_1$ (obr. 4), pričom všetky hodnoty označené „'“ sa v iterácií menia. Jednotlivé body sú prepočítavané polárnou metódou až po body SV_1 a SV_2' a bod VB_{OBL}' je určený metódou pretínania napred z uhlom α_{SV1} a $\alpha_{SV2'}$ v rámci kroku iterácie až po požadovanú hodnotu m_{OBL} , ktorá patrí ku kľúčovým prvkom výpočtu, okrem určenia základných charakteristík oblúkovej koľajovej spojky (obr. 6).

Na ukážku princípu využitia iterácie v ZHIS je zobrazená priebežná tab. 1, pričom postačuje len jedno nastavenie, ale na ukážku sú vykonané viaceré, napríklad pri rôznych náhodne vybraných polomeroch koľají r_1/r_2 , počte iterácií I až VI a presnosti výsledku $\pm D_{mOBL}$ (má to zmysel len na matematickú ukážku iteračných výpočtov, podľa normy [9] by tieto prvky v niektorých prípadoch nebolo možné použiť). Všetky prvky vložených konštrukcií musia vyhovovať kritériám normy.



Obr. 6. Výsledné hodnoty po iterácií

Výsledné hodnoty iterácie prezentuje obr. 6, ktoré sú vzťahnuté k počiatku miestnej súradnicovej sústavy bodu

$ZV_1(0,0,0)$, a orientované smerníkom $\sigma_{ZV_1-SV_1} = 200^\circ$ ramedna výhybky č. 1 v smere dotyčnice pri r_1 k danému bodu ZV_1 . Následne je vykonaná transformácia súradnicovej sústavy do štátneho systému súradníc $S-JTSK$ a výšok B_{pv} po výbere bodu počiatku systému zo schránky ZHIS „M*.TRA“ alebo ľubovoľného dátového súboru „M*.yxx“ (* – kódové označenie v informačnom systéme vrátane traťového, definičného a čiastkového úseku).

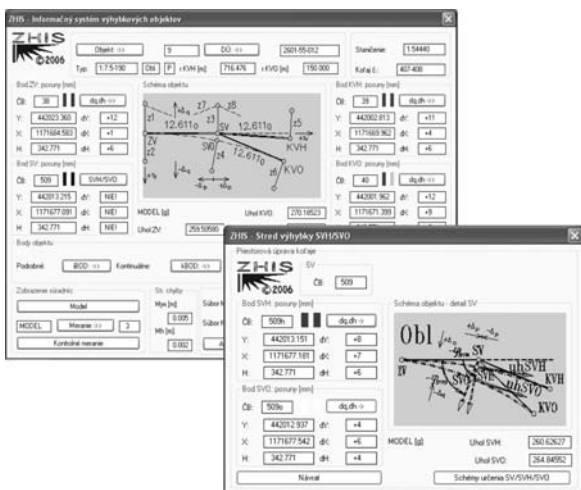
Iteračné výpočty je vhodné využiť nielen pri uvedenom príklade, ale napríklad sú vhodné aj pre oblúkové koľajové spojky s nesústredenými oblúkmi r_1/r_2 alebo napríklad na vloženie stromovej štruktúry oblúkového zhlavia do kružnicového oblúka s jednou prechodnicou a požadovanou konkrétnou dĺžkou oblúka pred stromom zhlavia. Princíp spočíva v jednoduchosti, t. j. sú zoradené výpočtové vzťahy na kompletný požadovaný výpočet a výpočty sa opakujú až po nastavení iteratívnej hodnoty (automatizovaný opakovaný výpočet s novým jeho krokom).

Analýza posunov výhybkových objektov v koľajovom zhlaví

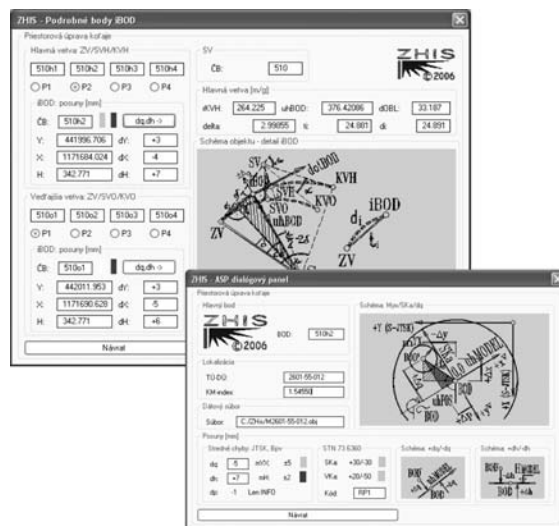
Hlavnou myšlienkou ZHIS je praktická aplikácia, ktorej výsledkom sú hodnoty na vyrovnanie, t. j. na údržbu smerového a výškového vedenia osí koľají výhybkových objektov vo výhybkovom zhlaví. Rozhodujúcou zložkou smerovej údržby je priečna zložka Δq_i kolmá na dotyčnicu v každom analyzovanom bode (pozdĺžny posun Δp_i v danom bode je len informatívny, nakoľko sú objekty pevne zviazané medzi sebou a pozdĺžna úprava je prakticky nevykonateľná, len ak by bolo prepracované celé zhlavie). Vyhodnotenie meraných hodnôt priestorovej polohy je vykonané vzhľadom na registrovaný modelový stav, na základe ktorého sú určené tieto vektory posunov opráv (priečny Δq_i a výškový Δh_i – obr. 7b). Priečne a výškové posuny je potrebné analyzovať vzhľadom na stredné chyby meraní, t. j. určenia súradnic bodu m_{YX} a výšok m_H , ktoré dokladujú správnosť nameraných hodnôt v koľajisku. Analýza je značená trojstupňovo: ak $\Delta q_i \leq m_{YX}$ zložka nebola dokázaná a nemožno ho považovať za posun (zelená), ak $m_{YX} < \Delta q_i \leq 2m_{YX}$ posun predpokladáme (žltá), ale ak $\Delta q_i > 2m_{YX}$ posun je preukázaný (červená). Podobné platí pre výškovú zložku Δh_i a strednú chybu určenia výšky m_H . Aj napriek deklarovanému vyhodnoteniu, je nutné body analyzovať aj vzhľadom na stavebné alebo prevádzkové smerové a výškové odchýlky SKa a VKa normy STN 73 6360 [9], ktorá v prí-

slušných častiach hovorí o realizácii týchto posunov v koľajisku. Posúdenie Δq_i a Δh_i (obr. 8b) vzhľadom na normové SKa a VKa predstavuje dva stupne pre smer a výšku: vyhovuje (zelený), alebo nevyhovuje (červený); normové hodnoty sú členené podľa rýchlostných pásiem $RP1$ až $RP5$ [9], prípadne zadaním iných požiadaviek na vyhodnotenie v konfiguračnom súbore ZHIS (vlečky, firmy, mestská koľajová doprava, a pod.).

Pri vyhodnotení a analyzovaní výhybiek môžeme spracovávať tieto údaje aj pre podrobné body na oblúkoch výhybky procedúrou „iBOD“ (osadených ľubovoľne alebo v tretinách, štvrtinách, šestinách oblúkov ramien výhybky), prípadne kontinuálne „kBOD“ s daným krokom (obr. 7a). Bod meraný priamo v koľajisku je vyhodnocovaný k totožnému bodu v modeli ZHIS, ktorého poloha a výška je vypočítaná na základe aktuálnej vzdialenosti t_{BOD} od začiatku výhybky ZV_i alebo oblúka ZO_i z postavenia meracích hranolov v koľajisku pri meraní univerzálnou meracou stanicou (UMS). Schéma výpočtu iBOD (kBOD) je uvedená na obr. 8a, vrátane ich určenia smerovej a výškovvej zložky posunu (obr. 8b).



Obr. 7. Vyhodnotenie zložiek posunov Δq_i , Δh_i (m_{YX} , m_H)



Obr. 8. Analýza podrobných bodov iBOD vo výhybke Δq_i , Δh_i (SKa , VKa)

Všetky hodnoty Δy_i , Δx_i , Δh_i musia byť prepočítané na Δq_i a Δh_i v smere kolmom na dotyčnicu v danom analyzovanom bode. Zložky Δy_i , Δx_i , Δh_i v systéme súradníc $S-JTSK$ a výšok B_{pv} slúžia len na zhodnotenie stability objektu.

Záver

Iteračné metódy výpočtu sú veľmi vhodné pri vytváraní modelov výhybkových zhlaví v informačnom systéme, na vyhodnocovanie a analýzu skutočnej polohy koľajiska vzhľadom na registrované hodnoty modelu zhlavia. Do značnej miery odpadá riešenie zložitých odvodených výsledných vzťahov na jednoznačne dané riešenia, pri iterácnom výpočte sa k požadovanej hodnote priblíži a dosiahne rovnakého výsledku kontrolovaných prvkov.

Pri systéme ZHIS sú na pamäti iba automatizované výpočty, napríklad že model je definovaný tak, že ho je možné celý prepočítať v informačnom systéme pri zmene údajov vložených konštrukcií (adaptabilitosť). Pri geodetických meraniach a analýze výsledkov sa získajú číselné a grafické výstupy na smerovú údržbu polohy osí koľají výhybiek pre automatické strojné podbíjačky (ASP). Hodnoty sú zobrazené priamo po výbere konštrukcie z CAD podkladu obr. 1 [10], samozrejme musí byť spracovaná databáza geodetických meraní v [1] a [2].

V dnešní době je ešte stále nedocenené spracovanie presných geodetických informácií v informačných systémoch („mm“ – hodnoty), hlavne pri vyšších rýchlostiach a tiež v množstve vlečkových a firemných zhlaví, pričom vlastník koľajiska, okrem výhybkových objektov vrátane ich geodetických informácií registrovaného modelu, bude mať informácie o stave skutočnej polohy (v rámci celej svojej železničnej infraštruktúry), na základe ktorých je korigovaná ich priestorová poloha k požadovaným hodnotám obsiahnutým v modeli informačného systému. Neudržiavanie polohy a výšok výhybkových objektov je nežiadúce a potom nastáva problém, ak sa priestorová poloha pravidelne neudržiava. Na tieto konštrukcie musíme tiež nazerať ako na investičné hodnoty.

Príspevok pojednáva o praktickej aplikácii a využití iteračných metód výpočtu inžinierskej geodézie v železničnom staviteľstve a prezentuje ucelený obraz o celej technológii „koľajisko (geodetické merania) → vyhodnotenie a analýza (ZHIS) → koľajisko (ASP)“.

Hlavným motívom ZHIS je jeho nepriamy príspevok k zvyšovaniu bezpečnosti a plynulosti dopravy uskutočňovanej po týchto zložitých častiach železničnej infraštruktúry, kde sú zoskupené výhybkové objekty, a to udržiavaním ich priestorovej polohy vo výbornom stave v rámci noriem a predpisov platných v oblasti železničného staviteľstva a ich údržby.

Definíciou modelov koľajových zhlaví, registrovaním a tvorbou databáz, geodetickými meraniami, vyhodnotením a analýzou meraných dát výhybkových objektov v zhlaví, vrátane včlenených iteračných postupov výpočtu zložitých konštrukčných prvkov, sa venoval grantový výskum VEGA 1/0347/03 „Matematický model priestorovej polohy výhybiek koľajového zhlavia v rámci informačného systému“ [2] v rokoch 2003 až 2005 a inštitucionálny výskum Stavebnej fakulty Žilinskej univerzity „Analýza výhybkových objektov v koľajovom zhlaví“ [4]. Na obdobie rokov 2006 až 2008 je realizovaný grantový výskumný projekt VEGA „Koľajové zhlavie – komplexný prvok informačného systému železníc v rámci EÚ“ [3].

Literatúra

- [1] Hodas, S.: Data Collection for Railway Turnout Information System, In: The 8th World International Scientific Conference – COMPRAIL 2002 on Computers in Railways. Myrina, Lemnos Island, Greece, WESSEX Institute of Technology – Excellent Research Centre, www.wessex.ac.uk, WITpress-CMP, Southampton, www.witpress.com, 2002, pp. 1011–1018.
- [2] Hodas, S.: Matematický model priestorovej polohy výhybiek koľajového zhlavia v rámci informačného systému. In: Grantový výskumný projekt VEGA 1/0347/03, Ministerstvo školstva SR, www.education.gov.sk, 2003–2005.
- [3] Hodas, S.: Koľajové zhlavie – komplexný prvok informačného systému železníc v rámci EÚ. In: Grantový výskumný projekt VEGA 1/3334/06, Ministerstvo školstva SR, 2006–2008.
- [4] Hodas, S.: Analýza výhybkových objektov v koľajovom zhlaví. In: Inštitucionálny výskum SVF 03/304/2005, Žilinská univerzita, 2004–2005, www.svf.utc.sk, svf.utc.sk/kgd.
- [5] Hodas, S.: Analýza polohy železničných výhybiek vzhľadom na model informačného systému. In: STUDIES 27 – Studies of Civil Engineering, Vol. 27, EDIS ŽU 2004, s. 19–26.
- [6] Hodas, S.: Informačný systém na analýzu polohy výhybkových objektov železničného zhlavia. In: Využitie geografických informácií a geografických informačných systémov na podporu udržateľnej povrchovej dopravy 2005. CeTra – SurfTran, Žilinská univerzita, 2005, s. 139–147, www.utc.sk/cetra.
- [7] Hodas, S.: Výpočtový model koľajového zhlavia – identifikácia bodov výhybky a analýza ich polohy v koľajisku. In: 10. seminár traťového hospodárstva – STRAHOŠ 2005, Žilinská univerzita, 2005, s. 141–146, www.svf/utc.sk/kzsth.
- [8] Hodas, S.: Koľajové zhlavie – komplexný prvok geodetických informácií infraštruktúry železníc. In: 13. medzinárodný seminár SETRAS „Traťové stroje v teórii a praxi“. VTS pri Žilinskej univerzite, 2005, s. 71–77, www.vtszu.sk.
- [9] STN 73 6360 Geometrická poloha a usporiadanie koľaje železničných dráh normálneho rozchodu. SUTN, 1999, Zmena Z1, 2003.
- [10] AutoCAD, AutoLISP, VisualLISP, DCL, AUTODESK Inc., 2006, www.autodesk.com, www.autodesk.sk.

Hodas, S.: The ZHIS System and Iterative Methods of Sub-Unit Calculations of the Turnout Layout

Iterative calculations of the designed combined sub-units and groups of the turnout layout are included in the ZHIS system for the purpose of processing and analyzing the real spatial position of turnout objects in the railway layout in relation to the registered model state, which is included in the information system of the particular railway infrastructure owner. The software ZHIS solution is a part of the whole technology “trackage → ZHIS → trackage”.

Hodas, S.: Das System ZHIS und Iterationsberechnungen von Unterelementen des Gleisoberbaus

Im Artikel werden Iterationsberechnungen komplizierter Konstruktionselemente und -gruppen im Gleisoberbau im Rahmen des Systems geodätischer Informationen ZHIS zum Zwecke der Auswertung und Analysierung der tatsächlichen räumlichen Lage von Weichenobjekten im Eisenbahnoberbau in Abhängigkeit von einem registrierten Modellzustand im Info-System des Gleisanlageneigners angeführt. Die Softwarelösung des Systems ist Teil des ganzen technologischen Prozesses „Gleisanlage → ZHIS → Gleisanlage“.

Nanotechnologie čistí domácnost



Přední světový výrobce elektronických, informačních a komunikačních produktů představuje nyní zákazníkům technologii 21. století. Nová nano-silver-antibakteriální technologie, určená pro vysavače a chladničky, ničí škodlivé mikroorganismy s 99,98% úspěšností.

Klimatizační jednotky LG disponují například funkcemi „přírodní vítr“ a „nanoplazmový čistič vzduchu“, jejichž výsledkem jsou přirozené klimatické podmínky. Plazmový systém zbavuje místnost prachu, zápachu a alergenů bez nutné výměny filtru. Bezšáčkové vysavače Cykling obsahují pětikrokový devítivrstvý filtrační systém s třinácti omyvatelnými filtry HEPA, které zadrží 99,95 % nasátých prachových částic. Tento produkt se může pochlubit nejsilnějším sacím výkonem mezi bezšáčkovými cyklonovými vysavači. Prachový zásobník je pokryt antibakteriálními nanočásticemi, které zabraňují šíření bakterií.

Unikátní technologie byla certifikována Úřadem pro potraviny a léčiva Spojených států (FDA). Rada odborníků společnosti dohlíží na dodržování předpisů Evropské unie souvisejících s ochranou životního prostředí (WEEE – o odpadech z elektrických a elektronických zařízení, RoHS – používání nebezpečných látek ve výrobcích).

Tisková informace

● zprávy

Logistické parky Northpoint a Southpoint

Ve spolupráci s Euroview, významným evropským investičním realitním fondem, spoluvlastní a řídí společnost Pinnacle, s. r. o., rozvoj dvou nejmodernějších a největších pražských logistických parků s celkovou užžitnou plochou přes 300 tis. m². Investiční hodnota obou projektů se odhaduje na 250 mil. eur.



Northpoint je umístěn v logisticky mimořádné lokalitě se snadnou dostupností – přímo u dálnice D8 (Praha – Drážďany – Berlín) na prvním dálničním sjezdu nedaleko obce Zdiby. Díky své blízkosti k hranici hlavního města Prahy disponuje vynikající obslužností městskou hromadnou a integrovanou dopravou. Svou polohou je ideální jak pro logistické firmy s celoevropskou působností, tak regionální distributory. Výjimečná péče v areálu je věnována zeleni – 40 % celkové plochy je určeno jako plně udržovaná biologicky aktivní plocha. Centrální parkoviště kamionů a okolí vrtácké je obklopeno vzrostlými stromy a pečlivě udržovanou parkovou zelení. Široká páteřní komunikace bude lemována udržovanými zatravněnými pruhy. Retenční nádrž dešťové vody o objemu 10 tis. m³ zajišťuje odvodnění ploch a je

oblíbenou vodní plochou pro migrující ptactvo. V rámci výstavby tohoto logistického parku se Pinnacle podílí i na protipovodňové ochraně obcí v povodí Máslovického potoka či na vybudování splaškové a dešťové kanalizace.

Southpoint se nachází v tradičním logistickém koridoru a velmi dobře dostupné lokalitě – v těsné blízkosti dálnice D1 (Praha – Brno – Bratislava) nedaleko obce Velké Popovice. Od hranice Prahy je vzdálen zhruba 16 km, má tedy velmi dobrou dopravní dostupnost. Obdobně jako Northpoint se bude realizovat po jednotlivých fázích. Na pozemku o rozloze 45 ha vzniknou čtyři areály o celkové ploše přes 170 tis. m².

Oba logistické parky mají řadu společných vlastností. Mohou být využity jak pro sklady, tak pro lehkou nerušící výrobu a kanceláře. Mezi další patří zejména prvotřídní infrastruktura i zázemí, jednotná světlá výška skladů 10 m, instalační dispozice jedné nakládací rampy na 1 tis. m² skladové plochy (nebo podle potřeb uživatele), variabilní plocha nájemních jednotek i kancelářských prostor. Projekt zpracovaný Chemoprag, s. r. o., financuje HVB Bank Czech Republic, a. s., generálním dodavatelem je ZIPP Bratislava, s. r. o.

Své nové centrum, které je po Tlumačově u Zlína druhým působícím společností v České republice, otevírá v rámci Northpointu největší evropský zpracovatel dřeva Finforest. Jeho česká pobočka působí na tuzemském trhu již více než deset let. Za tuto dobu se stala jedničkou v prodeji velkoplošných dřevěných materiálů na bázi dřeva. V posledním roce rozšířila sortiment o palubky a tepelně upravené dřevo Thermowood – dekorativní vodě odolný materiál s dlouhou životností, který lze použít i pro venkovní obklady fasád. Mezi realizace s využitím tohoto dřeva patří například objekt radnice v Hlučíně u Ostravy

Tisková informace

● software

Vývoj informačních technologií ve stavebnictví

Během výstavy Servis pro stavebnictví, která probíhala počátkem listopadu na holešovickém výstavišti, vystoupil s přednáškou o pravděpodobném vývoji IT ve stavebnictví v krátkodobém i dlouhodobém horizontu pan Dominic Gallelo, Chief Executive Officer firmy Graphisoft. V první části svého vystupení se zabýval „pohledem zpět“, resp. úvahou, zda má Graphisoft na čem stavět a jak hodnotí uživatelské přínosy produktu ArchiCAD pro praxi. Ve druhé části se věnoval možnostem konceptu virtuální budovy z pohledu současného i budoucího. Realitou je schopnost virtuální budovy zpracovávat konstrukce organických tvarů. Tato schopnost je zabezpečena programem MaxonForm, který je výsledkem spolupráce Graphisoftu a Maxon Computer, vývojáře modelovacího a animačního programu Cinema 4D. MaxonForm nabízí všechny modelovací funkce Cinema 4D a pracuje v prostředí Windows i Macintosh. Z pohledu architekta a projektanta nabízí virtuální model mnohem více než jen zdroj pro generování výkresové dokumentace. Ty-

pickým příkladem je možnost zpracování energetických analýz, resp. energetických auditů.

Dalším produktem firmy Graphisoft je systém Virtual Construction, který byl zařazen mezi finalisty v „Technology Innovation Awards 2005“ listu Wall Street Journal v kategorii software. Toto ocenění je udělováno jednotlivcům, firmám a organizacím z celého světa, a to v kategoriích biotechnologie, software, bezpečnost, energie a životní prostředí. Systém Virtual Construction je první komerčně dostupné 5D řešení pro řízení projektu. Umožňuje odpovědným manažerům plánovat a řídit projekt v 5D: unikátním spojení trojrozměrného modelu, času a ceny. Neuvěřitelně rychle rostoucí počet uživatelů zahrnuje firmy Webcor Builders, Rodgers Quinn Construction, Turner Construction, Holder Construction, China State Construction, YIT, SRV, NCC a Skanska.

Tisková informace

● zprávy

Obchodní centrum Šestka

Na křižovatce Evropské ulice a pražského dálničního okruhu nedaleko letiště Praha-Ruzyně byla koncem listopadu zahájena výstavba obchodního centra, které po dokončení na podzim letošního roku nabídne více než sto obchodů včetně restaurací, kaváren a provozoven rychlého občerstvení. Celkové náklady dosáhnou více než 1,5 mld. Kč.



Na architekturu projektu se významně podílelo české studio d u m architekti a na interiéru částečně renomovaný architekt komerčních nemovitostí Terry Evenden. Výsledkem je originální řešení s nadčasovým designem. Svažité fasády budovy jsou z velké části pokryty zeminou s vegetací plynule přecházející do okolní zeleně. Tento koncept je v České republice využit pro komerční prostory vůbec poprvé a přináší do oblasti obchodních center svěží prvek. Příjezdové komunikace na kryté vnitřní i na střešní venkovní parkoviště jsou vedeny po ozeleněných svazích, které zároveň tvoří podélná průčelí objektu s přirozeným zasazením do okolní krajiny.

Developerem je TK Development, které již celý projekt prodalo finálnímu investorovi, společnosti Europolis. Za generálního dodavatele stavby byla vybrána společnost GEMO Olomouc. Na první fázi výstavby naváže další etapa, v níž má vedle retailparku vzniknout hotelový komplex, administrativní budovy a prostory pro volný čas. Rozsáhlá multifunkční výstavba by měla přispět k rozvoji lokality.

Tisková informace

● dizertace



Příspěvek k optimálnímu provádění spodní stavby

Ing. Kamil Štrobl

Práce se zabývá možnostmi racionální výstavby objektů pozemních staveb v místech s hustou zástavbou a v prolukách. Posuzují se technologické postupy a vybírá se optimální řešení. Přínosem je ověření nových technologií.

Polní cesty

Ing. Petr Málek

Autor optimalizuje technické prvky polních cest z hlediska jejich uživatelů. Přínosem je stanovení technických parametrů kolejového způsobu zpevnění vozovky a metodika měření obrusu krytu vozovky z recyklovaných asfaltových směsí.

Zpracování rastrových mapových podkladů pro využití v katastru nemovitostí

Ing. Petr Doubrava

Dizertace se zabývá aplikacemi transformací rastrových dat v oblasti katastru nemovitostí. Výsledky mají obecnější platnost i pro geografické informační systémy. Výsledky se nyní uplatňují v resortu ČÚZK při zpracování skenovaných sáhových map.

Odstraňování dusíku a fosforu z odpadních vod

Ing. Renáta Lišková

Práce hodnotí způsoby odstraňování nutrientů ve vybraných čistírnách odpadních vod. Výsledky jsou aktuální a mohou sloužit provozovatelům čistíren jako provozní podklady či materiály pro možnou intenzifikaci.

Detail v architektuře – vikýř

Ing. Dušan Štětina

Práce se zabývá detailem v architektuře – vikýřem. Práce hodnotí výsledky dosavadního badání a naznačuje směry vývoje.



**STAVEBNÍ
VELETRHY
BRNO 2006**

25.–29. 4. 2006

Brno – Výstaviště

www.stavebniveletrhybrno.cz

Ufi
Approved
Event



Souběžně probíhá:



STAVEBNÍ OBZOR

ROČNÍK 15 ČÍSLO 03/2006

Navigace v dokumentu

OBSAH

Šejnoha, J. – Zeman, J. – Novák, J. – Šejnoha, M. Model nárazu soulodí do Karlova mostu při povodni	65
Stránský, M. – Kohoutková, A. Vliv smršťování na průhyb železobetonových konstrukcí	70
Bill, Z. – Žďára, V. – Kalináč, J. Vliv vnitřního zateplení na nosnou konstrukci památkově chráněných budov	75
Šíkula, O. – Ponweiser, K. Modelování přenosu tepla moderními výpočetními prostředky v oblasti TZB	79
Erben, P. Poplatek za bankovní záruku jako součást ceny stavební zakázky	84
Malinovský, M. Interaktivní audiální metoda Paula Pimsleura	88
Peterková, V. Anglicko-český slovník ekologie a životního prostředí	92

%• 2006

ročník 15

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

Šejnoha, J. – Zeman, J. – Novák, J.
– Šejnoha, M.

**Model nárazu
soulodí
do Karlova mostu
při povodni** 65

Stránský, M. – Kohoutková, A.

**Vliv smršťování na průhyb
železobetonových
konstrukcí** 70

Bill, Z. – Žďára, V. – Kalináč, J.

**Vliv vnitřního zateplení
na nosnou konstrukci
památkově
chráněných
budov** 75

Šikula, O. – Ponweiser, K.

**Modelování přenosu tepla
moderními
výpočetními
prostředky
v oblasti TZB** 79

Erben, P.

**Poplatek za bankovní záruku
jako součást ceny stavební
zakázky** 84

Malinovský, M.

**Interaktivní audiální metoda
Paula Pimsleura** 88

Peterková, V.

**Anglicko-český slovník
ekologie a životního
prostředí** 92

CONTENT

Šejnoha, J. – Zeman, J. – Novák, J.
– Šejnoha, M.

**Simulation of a Floating
Bay Impact on Charles
Bridge in Prague during
Flood** 65

Stránský, M. – Kohoutková, A.

**The Effect of Shrinking
on Deflection of RC
Structures** 70

Bill, Z. – Žďára, V. – Kalináč, J.

**The Effect of Interior
Insulation
on Load-Bearing
Structures of Historical
Buildings** 75

Šikula, O. – Ponweiser, K.

**Modelling of Heat Transfer in
the Field of Technical Facility
Equipment and Calculation
Using Modern
Techniques** 79

Erben, P.

**Bank Guarantee Premium as
Construction Contract Price
Component** 84

Malinovský, M.

**Paul Pimsleur's Interactive
Audio Method** 88

Peterková, V.

**English-Czech Dictionary of
Ecology
and Environment** 92

INHALT

Šejnoha, J. – Zeman, J. – Novák, J.
– Šejnoha, M.

**Modell des Aufpralls einer
Schiffsgruppierung
auf die Karlsbrücke
bei einem Hochwasser** .. 65

Stránský, M. – Kohoutková, A.

**Der Einfluss des Schwindens
auf die Durchbiegung von
Stahlbetonbauteilen** 70

Bill, Z. – Žďára, V. – Kalináč, J.

**Einfluss eines nachträglichen
inneren Wärmeschutzes auf
die Tragkonstruktion denkmal-
geschützter Gebäude
Erwärmung** 75

Šikula, O. – Ponweiser, K.

**Modellierung der Wärme-
übertragung im Bereich der
technischen Gebäudeausrüstung
mit modernen Mitteln der
Computertechnik** 79

Erben, P.

**Die Gebühr für eine Bank-
garantie als Preisbestandteil
eines Bauauftrags** 84

Malinovský, M.

**Die interaktive Audiomethode
von Paul Pimsleur** 88

Peterková, V.

**Englisch-Tschechisches
Wörterbuch der Ökologie
und der Umwelt** 92

REDAKČNÍ RADA**Předseda:**

prof. Ing. Jiří STUDNIČKA, DrSc.

Místopředseda:

doc. Ing. Alois MATERNA, CSc.

Členové:

Ing. Miroslav BAJER, CSc.

doc. Ing. Pavel HÁNEK, CSc.

Ing. Jiří HIRŠ, CSc.

doc. Ing. Vladimír JELÍNEK, CSc.

Ing. Jana KORYTÁROVÁ, PhD.

Ing. Karel KUBEČKA

doc. Ing. Ladislav LAMBOJ, CSc.

doc. Ing. Ivan MOUDRÝ, CSc.

doc. Ing. Jaroslav NOVÁK, CSc.

doc. Ing. Luděk NOVÁK, CSc.

doc. Ing. Miloslav PAVLÍK, CSc.

prof. Ing. J. PROCHÁZKA, CSc.

Ing. Vlastimil ROJÍK

Ing. Karel SVOBODA

doc. Dr. Ing. Miloslav ŠLEZINGR

Ing. Ludvík VÉBR, CSc.

doc. Ing. Josef VITÁSEK, CSc.

prof. Ing. Jiří WITZANY, DrSc.

Ing. Renata ZDAŘILOVÁ

STAVEBNÍ OBZOR, odborný měsíčník, vydává
Fakulta stavební ČVUT Praha společně s Fakultou
stavební VUT Brno, Fakultou stavební VŠB TU
Ostrava, Českou komorou autorizovaných inženýrů
a techniků činných ve výstavbě a Českým svazem
stavebních inženýrů. Řídí redakční rada, vedoucí
redaktorka Marcela Klímová. Adresa redakce:
Thákurova 7, 166 29 Praha 6, tel./fax: 224 354 596,
klimova@fsv.cvut.cz, http://www.fsv.cvut.cz/obzor.
Vychází každý měsíc kromě července a srpna,
cena za výtisk je 40 Kč včetně DPH (+ poštovné a
balné). Objednávky odběru i reklamace přijímá
Ing. Milan Gattringer, MG DTP, Borovanská 3388, 143 00
Praha 4, tel./fax: 241 770 220, e-mail: mgdtp@volny.cz.
Odběr je možné zrušit až po vyčerpání zaplaceného
předplatného. Inzerce adresujte redakci. Technická
redakce a realizace: Ing. Milan Gattringer. Po-
dávání novinových zásilek povoleno Ředitelstvím
pošt Praha, č. j. NP 144/1994, ze dne 21. 10. 1994.
Do sazby 9. 2. 2006. Nevyžádané rukopisy se nevracejí.

INDEX 47 755, ISSN 1210-4027

Model nárazu soulodí do Karlova mostu při povodni

prof. Ing. Jiří ŠEJNOHA, DrSc., FEng.
Ing. Jan ZEMAN, Ph. D.
Ing. Jan NOVÁK
doc. Ing. Michal ŠEJNOHA, Ph. D.

ČVUT – Fakulta stavební
Praha

Předmětem příspěvku je simulace nárazu soulodí při povodni do Karlova mostu v Praze. Odezva mostu je popsána plně trojrozměrným modelem mostu zahrnujícím nelineární odezvu heterogenních součástí mostního tělesa. Vlastní náraz je modelován zjednodušeným dynamickým modelem se dvěma stupni volnosti. Výsledná odezva na zatížení vlastní tíhou, oteplením v letním období, hydrostatickým a hydrodynamickým tlakem vody a nárazem plavidla pak umožňuje posoudit stabilitu a únosnost mostu pro tuto výjimečnou kombinaci zatížení.

- hydrostatický i hydrodynamický tlak na konstrukci mostu včetně případného vztaku na základovou konstrukci mostu,
- náraz soulodí při dané úrovni hladiny, resp. náraz kry v zimním období,
- zatížení vozidly.

Jak již bylo řečeno v úvodu, pozornost bude věnována hlavně zatížení nárazem soulodí do konstrukce mostu, ostatní vlivy budou podrobněji představeny v doprovodných článcích a jsou obsaženy ve zprávě [3]. V následujícím oddílu krátce popíšeme počítačový model konstrukce Karlova mostu. Zjednodušený model nárazu je popsán v dalším oddílu spolu s výsledky parametrické studie, která ukazuje závislost maximální síly na dominantních parametrech modelu. Vybrané výsledky analýzy napětí, přetvoření a porušení konstrukce Karlova mostu představuje oddíl věnovaný odezvě konstrukce na náraz soulodí. V závěru jsou pak shrnuty získané výsledky a provedeno kvalitativní zhodnocení únosnosti Karlova mostu pro dané zatížení.

Úvod

Karlův most v Praze patří bez nejmenších pochybností k nejvýznamnějším kulturním památkám České republiky. Jeho stav a degradace od účinků vnějšího prostředí jsou předmětem dlouhodobého výzkumu a sledování, viz např. souhrnné články [1], [2]. Výsledky citovaných studií naznačují, že současný stav stavby zasluhuje zvýšenou pozornost, především z hlediska únosnosti a stability pro nevhodná zatížení. Dále je třeba důkladně posoudit vliv dřívějších rekonstrukčních a sanačních prací na současné chování mostu. Cílem tohoto příspěvku je detailněji představit jednu z částí rozsáhlejší studie autorů [3], zabývající se komplexním posouzením odezvy Karlova mostu na náraz soulodí při povodni.

Připomeňme, že Karlův most je masivní konstrukce, která je již v důsledku předchozích vlivů porušena řadou trhlin. Proto byla vlastní konstrukce mostu uvažována jako plně trojrozměrná úloha. Aby bylo možné simulovat vznik a rozvoj trhlin ve vlastní konstrukci, byl materiál mostu navíc popsán nelineárním modelem založeným na kombinaci principů teorie plasticity a poškození. Současný stav Karlova mostu je neobyčejně komplikovaný; vykazuje značné rozdíly v jednotlivých částech konstrukce. To je důsledkem mnoha vnějších vlivů, které na most v minulosti působily a jsou obtížně kvantifikovatelné. Aby však byly výsledky numerické analýzy modelu reprezentativní a pokrývaly případné scénáře opravy mostu, resp. ochranné práce při povodni, měly by podle našeho názoru zahrnovat alespoň tyto vnější vlivy:

- vlastní tíhu konstrukce se zohledněním procesu výstavby,
- zatížení prostorově proměnnou změnou teploty v letním i zimním období,

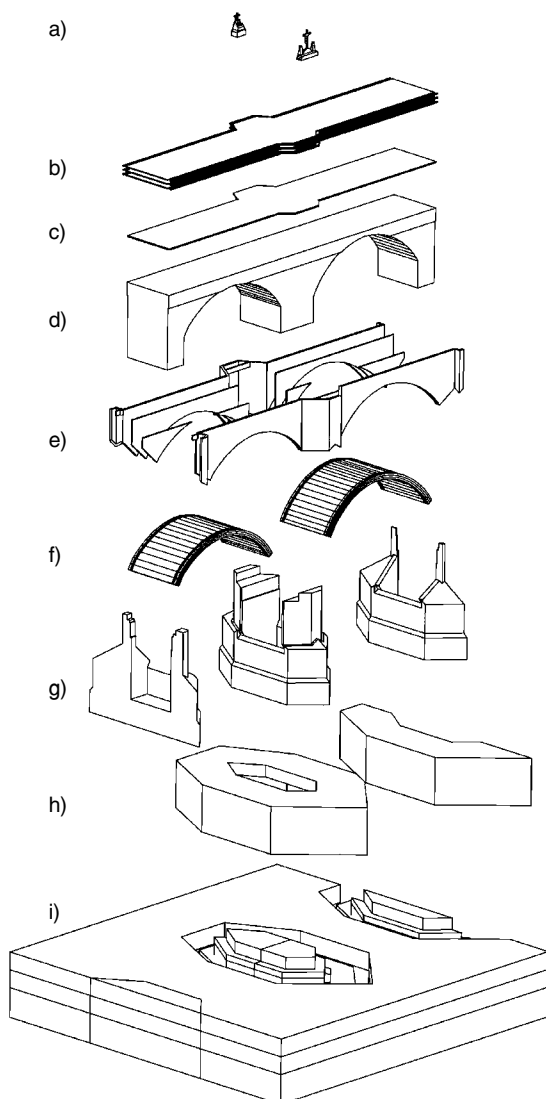
Model konstrukce

Analýza napětí Karlova mostu byla pro zatížení nárazem soulodí provedena na dvojpólovém segmentu mostu. Spolupůsobení uvažovaného výřezu se sousedními částmi mostu bylo zohledněno aplikací podmínek symetrie na volné stěny výřezu.¹⁾ Aby bylo možno věrně zachytit přenos zatížení do jednotlivých částí mostu, a rovněž tak respektovat příslušná materiálová rozhraní, bylo nutno rozčlenit geometrické uspořádání modelu do několika segmentů. Jednotlivé geometrické celky jsou znázorněny na obr. 1. Jak je patrné, přihlíželo se nejen k vícevrstvé skladbě mostovky a přítomnosti železobetonové desky, ale i geometricky odlišnému rozložení bloků v obvodovém zdivu pilířů, kleneb, parapetních zdí, vnitřní opukové výplně mostu a oddělení mostovky od parapetních zdí.

Vzhledem k materiálovému složení a charakteru současného porušení byl pro analýzu mostu použit komerční program ATENA 3D, vyvíjený firmou Červenka Consulting, Ltd. [4]. Vlastní výpočet byl proveden s využitím materiálového modelu CC3DCementitious, který umožňuje postihnout kvazikřehký charakter porušení kamenného zdiva Karlova mostu [5]. Základní materiálové parametry vstupující do modelu byly určeny s přihlédnutím k nehomogenitě zdiva užitím standardních homogenizačních postupů, diskutovaných např. v [6]. Rozložení teplotních polí v zimním a letním období, na jejichž základě se pak stanovilo teplotní

¹⁾ Poznamenejme, že pro posouzení zatížitelnosti mostu a napjatosti pod pilíři byl uvažován výřez o šesti polích. Omezení na dvě pole bylo nutné především kvůli zahrnutí zatížení změnou teploty, které vedlo k požadavku velmi jemné sítě na povrchu konstrukce.

zatížení pro výpočty napjatosti, bylo získáno komerčním programem DELPHIN [7]. Další podrobnosti budou uvedeny v připravovaných člancích, kde bude také podrobně popsán postup stanovení a aplikace jednotlivých typů zatížení do programu ATENA 3D.



Obr. 1. Rozčlenění mostu na segmenty

a – sochy, b – vrstvy vozovky, c – betonová deska, d – výplňové zdivo, e – parapetní zdi, f – klenby, g – pilíře, h – kesony, i – vrstvy podloží

Na závěr tohoto oddílu uvádíme jednotlivé fáze výstavby Karlova mostu uvažované při výpočtu zatížení vlastní tíhou. To se ukázalo pro vlastní výpočet jako zcela zásadní; pokud zatížíme most vlastní tíhou jako celek a nebereme v úvahu postup výstavby (jmenovitě fázi odskržení), vyjdou nesmyslné výsledky – ve vrcholu klenby se objeví tah bez ohledu na to, zda jde o lineární, či nelineární výpočet. Jelikož podrobné informace o postupu výstavby chybějí, předpokládali jsme, v souladu s názorem Dr. V. Tvrzníka z firmy MOTT MacDonald, odskržení v době co nejkratší a uvázili fáze výstavby podle obr. 2.

Model nárazu

Vzhledem ke značné nejistotě a neznalosti chování konstrukce soulodí při nárazu do pilíře byl pro výpočet dyna-

mických účinků použit zjednodušený model (obr. 3). Síla přenášená kontaktem $R(t)$ je přibližně uvažována vztahem

$$R(t) = f_{yc} B(t) H = f_{yc} \frac{2u_p(t)}{\xi} H, \quad (1)$$

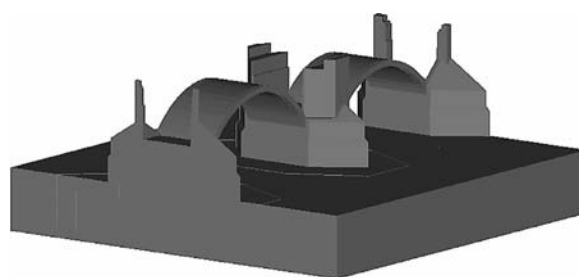
kde šířka kontaktní plochy B je patrná z obr. 3, H je její výška a u_p je posun pilíře odpovídající porušení v důsledku nárazu, f_{yc} je návrhová pevnost v tlaku. Bezrozměrný parametr ξ mezi sebou váže posun pilíře a šířku kontaktní plochy B . To umožňuje vztah mezi posunem a působící silou ve tvaru

$$u_p(t) = \frac{\xi}{2Hf_{yc}} R(t) = c_p R(t), \quad (2)$$

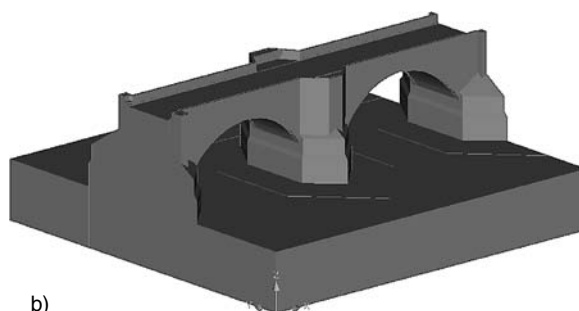
kde c_p je poddajnost pilíře. Posun těžiště soulodí určíme z kontaktní síly a předpokládaného bilineárního konstitutivního zákona jako

$$u_r(t) = c_r (R(t) - (0)) \quad (3)$$

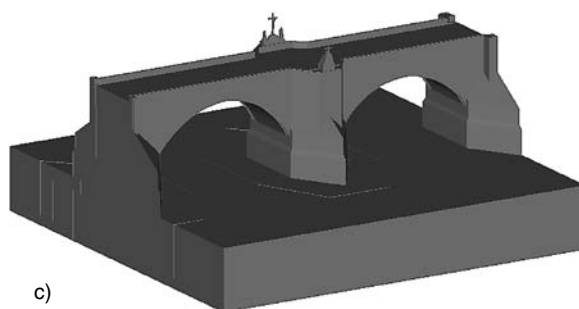
kde c_r označuje poddajnost vany soulodí. Posun hmoty sou-



a)



b)



c)

Obr. 2. Modelování postupu výstavby

lodí M_1 způsobený deformací určíme jako

$$u_1(t) = u_r(t) + u_p(t) + u_2(t), \tag{4}$$

kde $u_2(t)$ je posun kmitající hmoty mostu M_2 v čase t . Pohybové rovnice systému „pilř–soulodř“ mají tvar

$$\begin{aligned} -M_1 \ddot{u}_1(t) - R(t) &= 0, \\ -M_2 \ddot{u}_2(t) - k u_2(t) + R(t) &= 0, \end{aligned} \tag{5}$$

kde k označuje efektivní tuhost mostu. Po několika úpravách přepíšeme pohybové rovnice (5) do tvaru

$$\begin{aligned} \ddot{R}(t) + \omega_1^2 R(t) &= \frac{-1}{c_r + c_p} \ddot{u}_2(t), \\ \ddot{u}_2(t) + \omega_2^2 u_2(t) &= \frac{R(t)}{M_2}, \end{aligned} \tag{6}$$

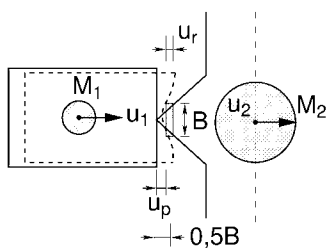
a doplníme o počáteční podmínky

$$\begin{aligned} u_2(0) &= 0, & R(0) &= 0, \\ \dot{u}_2(0) &= 0, & \dot{R}(0) &= \frac{v_r}{c_r + c_p}, \end{aligned} \tag{7}$$

kde v_r označuje rychlost soulodř v okamžiku nárazu (přibližně uvažováno jako rychlost vodního proudu). V soustavě (6) označuje ω_2 vlastní kruhovou frekvenci mostu příslušnou kmitání po nárazu soulodř a kruhová frekvence ω_1 je určena vztahem

$$\omega_2 = \frac{1}{M_2 (c_r + c_p)}. \tag{8}$$

Poznamenejme, že při konkrétních výpočtech byla soustava dvou obyčejných diferenciálních rovnic (6) pro dané počáteční podmínky (7) vyřešena numerickou integrací adaptivní Rungeovou–Kuttevou metodou čtvrtého řádu, viz např. [8], odd. 16.2.

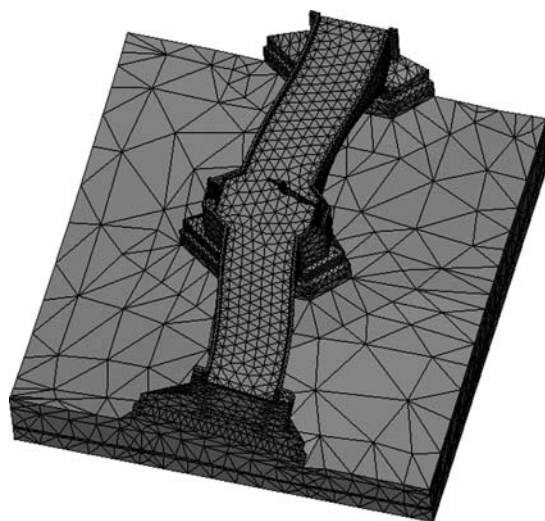


Obr. 3. Schéma nárazu

Jak již bylo zdůrazněno v úvodu, při vyšetřování účinků nárazu soulodř do Karlova mostu je nutno vzít v úvahu značné nejistoty způsobené obtížně kvantifikovatelnými vstupními údaji. Z hlediska modelu nárazu soulodř jde zejména o poměr mezi poddajností pilře c_p a soulodř c_r . Proto byla provedena studie zachycující vliv tohoto parametru na odezvu konstrukce.

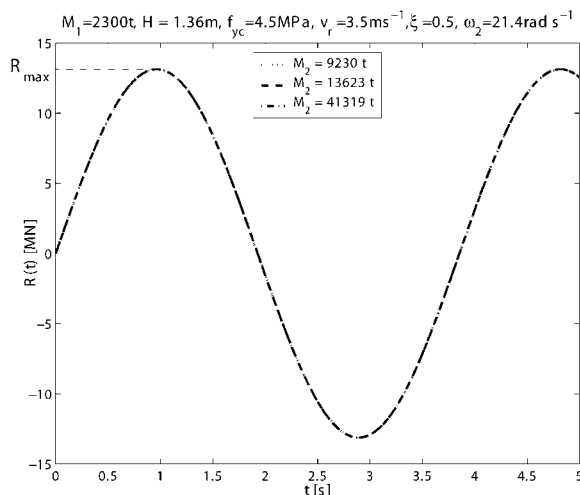
Ve vlastním výpočtu byla v souladu s dostupnou dokumentací uvažována $M_1 = 2\,300$ t, výška nárazové plochy pak hodnotou $H = 1,36$ m. Pevnost materiálu pilře v tlaku $f_{yc} = 4,5$ MPa byla odhadnuta z dvojúrovňového materiálového modelu [6] s přihlédnutím k degradaci povrchových vrstev mostu, součinitel ξ je uvažován hodnotou 0,5. Rychlost soulodř v okamžiku nárazu do mostu byla určena jako $v_r = 3,5$ ms⁻¹ a odpovídá maximální rychlosti vodního proudu určené pomocí dvojrozměrného modelu turbulentního prou-

dění v okolí pilřů při povodni [9]. Vlastní kruhová frekvence příčné kmitání mostu ω_2 byla odhadnuta z lineárního konečné prvkového výpočtu (tedy bez redukce tuhosti materiálu vlivem poškození). Příslušný tvar kmitání je schematicky znázorněn na obr. 4. Jak je z obrázku zřejmé, efektivní kmitající hmotnost mostu M_2 lze v tomto případě poměrně obtížně odhadnout. Proto byly ve vlastním výpoč-



Obr. 4. Nejníšší vlastní tvar odpovídající příčnému kmitání mostu ($\omega_2 \approx 21,4$ rad s⁻¹)

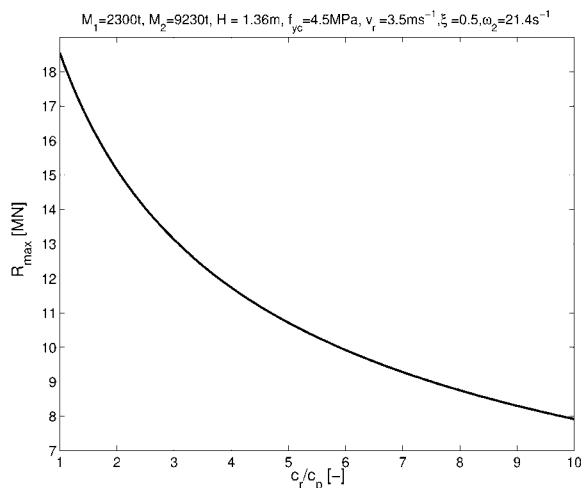
tu uvažovány tři varianty: $M_2 = 9\,230$ t (kmitá pouze most), $M_2 = 13\,623$ t (kmitá most včetně prvků založení – kesonový věnec), $M_2 = 41\,391$ t (včetně hmoty podloží). Časový průběh kontaktní síly $R(t)$ pro časy $0 \leq t \leq 5$ s pro dané materiálové parametry a reprezentativní hodnotu poddajnosti $c_p = 3 c_r$ je uveden na obr. 5. Jak je z průběhu zřejmé, ve-



Obr. 5. Časový průběh kontaktní síly $R(t)$

likost kontaktní síly je téměř nezávislá na kmitající hmotnosti mostu, proto byla v dalších výpočtech uvažována nejmenší hodnotou $M_2 = 9\,230$ t. Nyní můžeme pro danou hodnotu poddajnosti pilře určit maximální kontaktní sílu R_{max} , představující ekvivalentní statické zatížení od vlivu nárazu soulodř, jako maximální hodnotu $R(t)$ od počátku kmitání až do okamžiku, kdy nabývá záporných hodnot. To odpovídá tahovému namáhání mostu nárazem soulodř, což je třeba chápat jako nefyzikální řešení vzniklé v důsledku přijatých zjednodušujících předpokladů.

Pro určení vlivu poměru poddajnosti c_r/c_p byl předchozí výpočet proveden pro sto hodnot rovnoměrně rozdělených v intervalu $\langle 1; 10 \rangle$. Výsledná závislost náhradní kontaktní síly R_{max} na relativní poddajnosti těles je na *obr. 6*. Náhradní statická síla, zahrnující vliv dynamického součinitele, se podle míry plastického přetvoření plavidla pohybuje pro nejvyšší hladinu v rozsahu od 8 do 19 MN a je srovnatelná s hodnotou výsledné hydrostatické a hydrodynamické síly působící na jedno pole při povodni, když hladina dosáhne horní hrany parapetu (při volném průtoku 10,5 MN, při zneumožnění průtoku splaveninami 18 MN. Pro porovnání je tíha jednoho pole 92,3 MN). Vlivem nepružného chování mostu s trhlinami jako celku se dynamický účinek ještě snižuje, proto do výpočtu zavádíme náhradní kvazistatickou sílu hodnotou 12,5 MN, která je tak pětinašobkem náhradní síly simulující náraz velké ledové kry (2,57 MN, [9]).



Obr. 6. Závislost náhradní statické síly R_{max} na poměru c_r/c_p

Odezva konstrukce na náraz soulodí

Pro posouzení únosnosti mostu při velmi nepříznivých vnějších vlivech byla v rámci komplexního posouzení Karlova mostu uvažována tato zatěžovací kombinace:

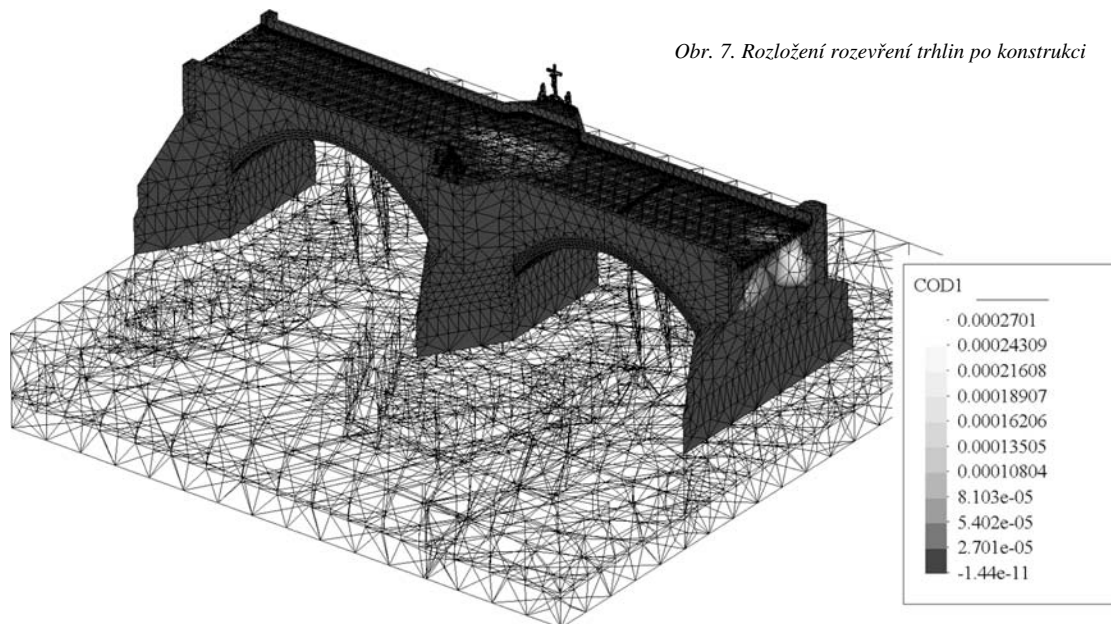
- vlastní tíha konstrukce (součinitel zatížení $\gamma = 1,1$, součinitel kombinace $\psi = 1,0$);
- zatížení změnou teploty v letním období (součinitel zatížení $\gamma = 1,0$, součinitel kombinace $\psi = 0,6$);
- hydrostatický a hydrodynamický tlak vody při povodni (voda pod vrchol klenby) podle ČSN 73 6503 [10] (součinitel zatížení $\gamma = 1,4$, součinitel kombinace $\psi = 0,6$);
- náraz soulodí při hladině vody v úrovni vrcholu klenby (součinitel zatížení $\gamma = 1$, součinitel kombinace $\psi = 0,6$);
- zatížení čtyřnápravovým vozidlem 400 kN v poli podle ČSN 73 6203 [11] (součinitel zatížení $\gamma = 1$, součinitel kombinace $\psi = 1$) simulující vyprošťovací práce v průběhu povodně.

Překvapivě, ani tato kombinace nenaznačuje nebezpečí globálního zhroutení mostu. To je dokumentováno na *obr. 7*, kde je v axonometrickém pohledu zobrazeno rozložení rozevření trhlin na konstrukci.

V oblasti nárazu soulodí do mostu nejsou vlastní trhliny příliš patrné. Trhliny, které jsou zřetelné na povrchu konstrukce a podporách, vznikají v důsledku letního oteplení konstrukce. Toto chování názorně demonstruje, že dopad teplotních změn na porušení Karlova mostu je ze všech vnějších vlivů nejvýraznější. *Obrázek 8* ilustruje napjatost v příčném řezu v místě nárazu soulodí. Zóna ovlivněná nárazem remorkéru je opět zvýrazněna.

Závěr

V rámci tohoto příspěvku je prezentován zjednodušený model nárazu soulodí do konstrukce Karlova mostu při povodni. Přesnější stanovení účinku zatížení je obtížně proveditelné, neboť nejsou k dispozici dostupné věrohodné technické podklady, které by umožňovaly spolehlivě ocenit disipaci energie způsobenou plastickým přetvořením tenkostěnné konstrukce vany soulodí. Zde se posuzovatelé musí spolehnout na inženýrský odhad, podobně jako přijmout hypotézu o porušení lokalizované části mostu v okolí nárazu.



Obr. 7. Rozložení rozevření trhlin po konstrukci

Výsledky celkové analýzy, shrnuté v *obr. 7* a *obr. 8*, ukazují, že by mohlo dojít k poškození mostu většího rozsahu, které by nakonec po delším účinku proudící vody mohlo vést ke zřícení klenby, a to i proto, že jde o oblast poškozenou již existujícími podélnými trhlinami v klenbě. I při snížených hodnotách náhradních kontaktních sil soulodí, které by bylo třeba ověřit skutečnou deformovatelností pla-

vidla (posoudit disipaci energie z podrobnějších údajů a podrobnějším výpočtem přetvoření vany soulodí), je jeho účinek zhruba pětikrát větší než účinek kry [9]. Z toho vyplývá, že plně naložené plavidlo by mělo být rozhodně v případě nebezpečí povodně co nejrychleji z nebezpečné oblasti nad mostem odstraněno.



Výsledky uvedené v příspěvku byly získány za podpory projektu č. 103/04/1321 GA ČR.

Literatura

- [1] Witzany, J. – Mencl, V. – Wasserbauer, R. – Gregerová, M. – Pospíšil, P. – Čejka, T. – Zigler, R. – Burgetová, E.: Souhrnné hodnocení teoretického a experimentálního výzkumu Karlova mostu v letech 1994 až 2004 – 1. část. *Stavební obzor*, **14**, 2005, č. 3, s. 65–83.
- [2] Witzany, J. – Mencl, V. – Wasserbauer, R. – Gregerová, M. – Pospíšil, P. – Čejka, T. – Zigler, R. – Burgetová, E.: Souhrnné hodnocení teoretického a experimentálního výzkumu Karlova mostu v letech 1994 až 2004 – 2. část. *Stavební obzor*, **14**, 2005, č. 4, s. 97–105.
- [3] Šejnoha, J. – Bittnar, Z. – Šejnoha, M. – Zeman, J. – Novák, J. – Janda, Z.: Výpočet stavů napětí a porušení Karlova mostu v Praze. [Technická zpráva], MOTT Mac Donald, 2005, 158 s.
- [4] Červenka Consulting, <http://www.cervenka.cz>
- [5] Červenka, V. – Jendele, L. – Červenka, J.: ATENA program documentation – Part I: Theory. Praha, Červenka Consulting Company 2002.
- [6] Novák, J. – Valenta, R.: Víceúrovňové modelování konstrukcí z pravidelného zdiva. *Beton*, 2006, 8 s. (v tisku).
- [7] Grunewald, J.: Delphin 4.1 documentation: Theoretical Fundamentals. TU Dresden, 2000.
- [8] Press, W. H. – Teukolsky, S. A. – Vetterling, W. T. – Flannery, B. P.: Numerical recipes in C, 2nd edition. Cambridge University Press 1992.
- [9] Čihák, F. – Satrapa, L. – Fošumpaur, P.: Vyhodnocení proudových profilů Karlova mostu v Praze během povodně 2002. [Technická zpráva], Praha, ČVUT 2004.
- [10] ČSN 73 6503 Zatížení vodohospodářských staveb vodním tlakem. ČSN, 1981.
- [11] ČSN 73 6203 Zatížení mostů, ČSN, 1981.

Šejnoha, J. – Zeman, J. – Novák, J. – Šejnoha, M.: Simulation of a Floating Bay Impact on Charles Bridge in Prague during Flood

In the present contribution, a simulation of a floating bay impact on Charles Bridge in Prague during flood is presented. The response of the bridge is described using a fully three-dimensional model including a non-linear response of heterogeneous components of the bridge body. The impact process is considered as a two-degree-of-freedom dynamical model. The overall response of the bridge to self-weight, temperature change in summer, hydrostatic and hydrodynamic pressure of water and the impact of the vessel then facilitates it to assess the stability and load-bearing capacity of the bridge under this extreme load combination.

Šejnoha, J. – Zeman, J. – Novák, J. – Šejnoha, M.: Modell des Aufpralls einer Schiffsgruppierung auf die Karlsbrücke bei einem Hochwasser

Gegenstand dieses Artikels ist die Simulation des Aufpralls einer Gruppierung von Schiffen auf die Karlsbrücke in Prag. Die heterogene Konstruktion der Brücke und ihre nichtlineare Reaktion werden vollständig durch ein dreidimensionales numerisches Modell beschrieben. Der eigentliche Aufprall wird durch ein vereinfachtes dynamisches Modell mit zwei Freiheitsgraden modelliert. Die resultierende Reaktion auf verschiedene Belastungen, wie das Eigengewicht, die Erwärmung im Sommer, den hydrostatischen und hydrodynamischen Druck des Wassers, und schließlich durch den Aufprall des Wasserfahrzeugs ermöglicht die Beurteilung der Stabilität und der Tragfähigkeit der Brücke für den Fall dieser außerordentlichen Belastungskombination.

Vliv smršťování na průhyb železobetonových konstrukcí

Ing. Martin STRÁNSKÝ
doc. Ing. Alena KOHOUTKOVÁ, CSc.
ČVUT – Fakulta stavební
Praha

Návrh konstrukcí a konstrukčních prvků z hlediska mezních stavů použitelnosti představuje nejobtížnější a nejméně srozumitelný aspekt návrhu betonových konstrukcí. Vliv smršťování betonu patří mezi nejzávažnější projevy, a navíc omezení jeho volného vývoje způsobuje časově závislý vznik a rozvoj trhlin. To má v dílcích namáhaných ohybem za následek významný vzrůst průhybu s časem.

Úvod

Železobetonové konstrukce jsou navrhovány z hlediska mezních stavů únosnosti a mezních stavů použitelnosti, které však bývají často podceňovány. Odezva užitého zatížení na konstrukci závisí především na vlastnostech betonu, které jsou však často ve fázi návrhu neznámé. Je třeba respektovat, že beton se nechová lineárně a pružně, závažný je vznik trhlin, tahové zpevnění, dotvarování a smršťování.

Efekt smršťování

Pokud by smršťování ve všech bodech betonového dílce mohlo probíhat volně, bez omezení, projevilo by se objemovými změnami bez vzniku napětí. Bohužel, takový případ není reálný. Smršťování betonového dílce má, především v jednotlivých bodech prvku, rozdílný časový vývoj v závislosti na vývoji vlhkosti, a dále je omezeno nejen způsobem jeho podpoření, ale též výtuží.

Každá z těchto forem omezení volného vývoje smršťování je příčinou vývoje rostoucích tahových napětí v betonu, která mohou vést k časově závislému vzniku trhlin (v předchozí oblasti bez trhlin), rozšíření stávajících trhlin, popř. též ke změnám průhybu. Smršťování je též nejběžnější příčinou vzniku nevzhledných trhlin v betonových konstrukcích. V mnoha případech, kdy tyto problémy nastanou, není smršťování statikem přiměřeně zvažováno a efekty smršťování přiměřeně modelovány v návrhových postupech specifikovaných v předpisech pro kontrolu trhlin a výpočet průhybu.

Vznik trhliny závisí na míře omezení smršťování, roztažnosti a pevnosti betonu v tahu, dotvarování a zatížení způsobujícího napětí v dílci. Pevnost betonu a též pružný modul se časem zvyšují. Tahové napětí vyvolané smršťováním se zvětšuje, přitom jeho redukce dotvarováním stárím klesá. Vnější zatížení vyvolává namáhání i v oblasti bez trhlin a zrychluje časově závislý vznik trhlin. Omezení nepřiznivých jevů vzniku trhlin vyžaduje dva důležité kroky:

- stanovení intenzity a vývoje smršťování způsobujícího napětí a identifikace oblastí, kde se objeví trhliny od smršťování, musí být úkolem statické analýzy;
- pro zabezpečení, že šířka trhlin zůstane v přípustných mezích a že konstrukce zůstane schopná provozu, rozmístění přiměřeného množství výtuže v těchto oblastech.

Teoretické základy

Povrch betonových konstrukcí je vystaven působení prostředí. Velmi výrazně se projevují změny vlhkosti a teplotní účinky. Oba jevy by se u volných prvků základního objemu projevily objemovými změnami (deformacemi vyvolanými teplotní roztažností a smršťováním vznikajícím poklesem vlhkosti) bez vzniku napětí. U skutečných konstrukcí je časový průběh teploty a vlhkosti v jednotlivých bodech betonových prvků rozdílný, vyvolané deformace však musí splňovat podmínky kompatibility (pokud nedojde k porušení betonového prvku) a důsledkem je vznik napětí.

Difúze a distribuce vlhkosti v betonu jsou důležité faktory, které jsou potřebné k určení smršťování vlivem vysychání a dotvarování. Mnoho článků bylo napsáno o vlivu difúze vlhkosti na vysychání betonu. Bažant a Najjar [1] hovoří o vysychání betonu jako nelineárním difúzním problému. Ficksův druhý zákon je použitý pro vyjádření ztráty vody z cementové kaše a betonu

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

kde w je specifický obsah vody,
 t – čas,
 C – difúzní konstanta.

Vysychání betonu může být také popisováno v rámci vlhkosti v pórech rovnicí

$$\frac{\partial H}{\partial t} = k \text{div}(c \text{grad} H), \quad (2)$$

kde H je vlhkost v pórech,
 t – čas,
 k – funkce $H = dH = kdw$,
 c – difúzní součinitel C/k .

Difúzní součinitel c představuje prostupnost a rovná se množství proudění způsobenému jednotkovým gradientem H . Tak se rovnice (2) zjednoduší

$$\frac{\partial H}{\partial t} = \text{div}(c \text{grad} H), \quad (3)$$

Tyto rovnice poskytují stanovení součinitele difúze jako funkce vlhkosti v pórech a obsahu vody.

Experiment

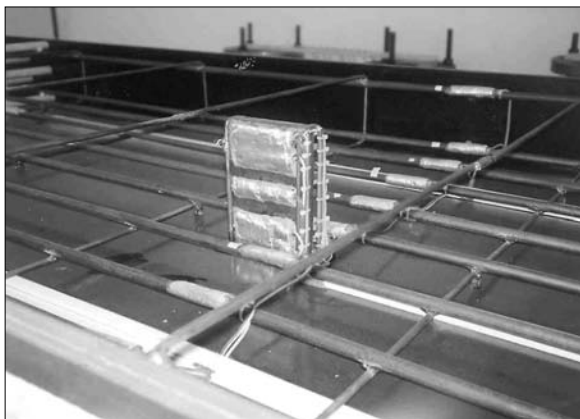
Pro porovnání návrhových postupů, které zohledňují vliv smršťování na vývoj průhybů a pro kalibraci přesnějších výpočtů modelujících skutečné chování železobetonových konstrukcí, byl proveden experiment. Protože probíhal pouze na jednom železobetonovém panelu vystaveném běžným teplotním a vlhkošním podmínkám, je nutné výsledky měření chápat jako orientační (*obr. 1*). Monolitická deska z betonu C20/25 (B25), o rozměrech 0,9 x 3,7 x 0,15 m a rozpětí

3,6 m, byla prostě podepřena. Na spodní části byla vyztužena devíti profily ØE 12, při horním dvěma profily ØE12.



Obr. 1. Zatížená konstrukce panelu (srpen 1999)

Měření byla zahájena ihned po vybetonování (aby byla zachycena i fáze tuhnutí a tvrdnutí betonu). Po 29 dnech byla forma odstraněna. Kromě vlastní tíhy byla deska po osmi dnech rovnoměrně zatížena 6,90 KN/m². Na panelu bylo osazeno 19 čidel k měření teploty (15 k měření uvnitř panelu, 4 k měření venkovní teploty), 15 vlhkostních čidel a 20 tenzometrů. Dále se měřily průhyby v 85 bodech na spodní straně (po odbednění) a v 85 bodech na vrchní straně desky (před odbedněním). Do konstrukce desky byla vložena pryž s tenzometry pro snímání deformace uvnitř prvku (obr. 2).



Obr. 2. Umístění pryže s tenzometry v panelu (červenec 1999)

Porovnání výsledků

Pro porovnání výsledků průhybů získaných při experimentu byly vybrány návrhové modely podle ČSN 73 1201 [5] a Eurocode 2 [6]. Pro výpočet smršťování a dotvarování model B3, který se v současnosti stále častěji používá v kombinaci s programem ATENA pro nelineární výpočet. Podle obr. 3 vypočítané průhyby nedosahují hodnot experimentu. V čase vnesení zatížení [5] vychází průhyb s chybou 55 % vzhledem k experimentu, EC 2 s chybou 2 % a ATENA s B3 s chybou 38 %. Pro stáří betonu 532 dní průhyb zjištěný podle normy [5] vychází s chybou 71 % k experimentu, EC 2 s chybou 39 % a ATENA s B3 s chybou 57 %. Důvodem rozdílů je dosažení jen přibližných materiálových charakteristik odvozených z třídy betonu, uvažované pouze teoretické okrajové podmínky (odhadnutá relativní vlhkost, teplota atd.), zatížení teplotou. Dalším předpokladem pro skutečně větší přetvoření může být vliv počátečního napětí, které by mohlo být vyvoláno vlhkostí a teplotou. Vlivem objemových změn vzniká v prvku, kterému je bráněno při spodním okraji výztuží ve volné deformaci, napětí, jež přispívá k dřívějšímu vzniku trhlin a jiné ohybové tuhosti konstrukce, při níž by vznikaly větší deformace.

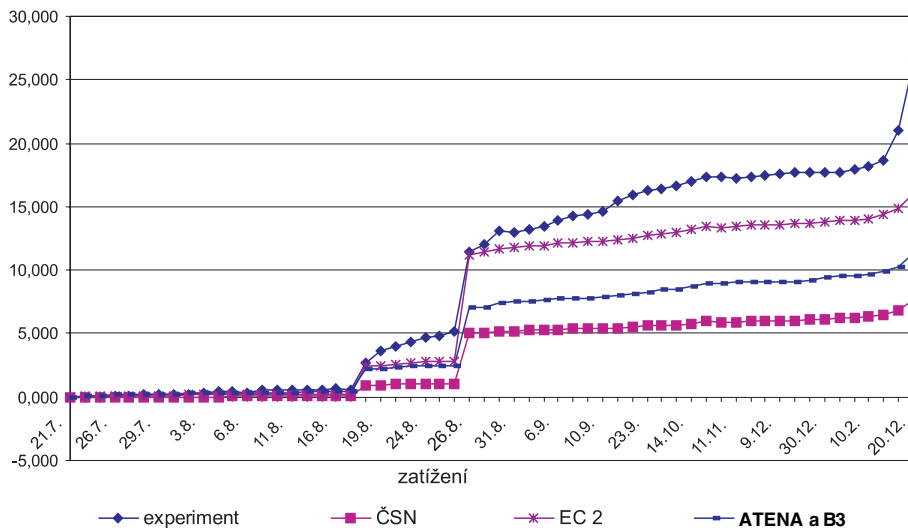
Ověření předpokladu počátečního napětí

Pro sledování dějů uvnitř konstrukce a ověření předpokladu vlivu počátečního napětí, a následně pro zavedení přesnějších podmínek pro výpočet přetvoření, byla do experimentu desky vložena pryž s tenzometry pro snímání deformace uvnitř prvku. Pro teoretický výpočet vnitřního napětí a deformací a porovnání s naměřenými deformacemi z experimentu byl použit program HUTEM [4]. Základem je řešení napětí a deformace neomezeného deskového útvaru *d* vystaveného rozdílným účinkům okolního prostředí. Pro určení časového průběhu vlhkosti v betonu je použita teorie difuzivity, viz rovnice (1), (2) a (3). Časový průběh teploty v desce se řídí podobnou diferenciální rovnicí jako průběh vlhkosti, tj.

$$\frac{\partial T}{\partial t} = a \cdot \frac{\partial^2 T}{\partial z^2}, \tag{4}$$

kde *a* je součinitel charakterizující vedení tepla v betonu.

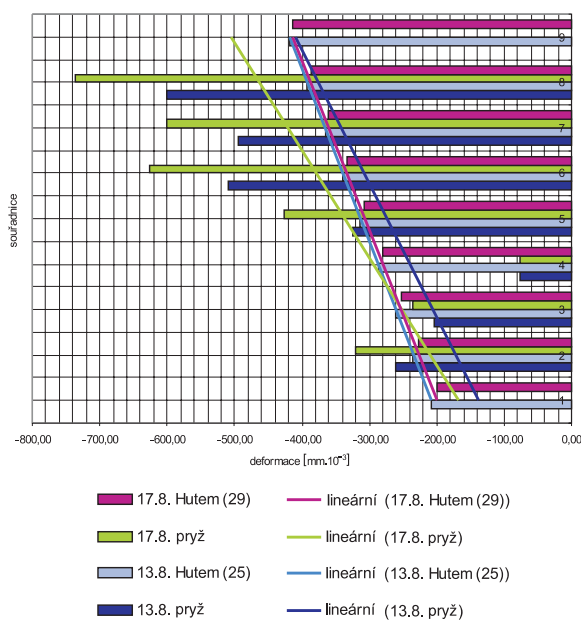
Pro výpočet vnitřních deformací a napětí byl železobetonový panel modelován programem HUTEM. Ověřoval se



Obr. 3. Porovnání experimentu s výpočetními modely

průřez pro stáří betonu 2, 7, 13, 19, 25 a 29 dní, pouze fáze zrání betonu bez vlivu zatížení. Po tloušťce prvku 150 mm bylo osm vrstev (tloušťka jedné 18,75 mm). Jejich počet byl zvolen tak, aby se vypočtené body zhruba shodovaly s body na pryži. Do výpočtu byla zahrnuta spodní výztuž 9ØE 12. Horní výztuž 2ØE 12 se zanedbala.

Vzhledem k množství výsledků za jednotlivé úseky (pro stáří betonu 2, 7, 13, 19, 25 a 29 dní) byl zvolen průměr zjištěných hodnot. Vlivem ne zcela přesného měření vnitřních deformací na pryži může docházet k tzv. zamrznutí napětí, resp. deformaci. Proto byla v programu EXCEL do vytvořeného pruhového grafu z průměrných hodnot z experimentu vytvořena spojnice trendu, která znázorňuje předpovědi nebo vyhlazení hodnot a dobře vystihuje skutečnou deformaci. Pro experiment byla použita křivka trendu lineární. Na obrázku 4 jsou skutečné deformace betonu v experimentu a teoretické deformace vypočítané programem HUTEM pro stáří betonu 25 a 29 dní. Na obrázku 5 jsou upravené deformace výztuže z experimentu a teoretické deformace výztuže získané programem HUTEM pro všechny časové úseky.



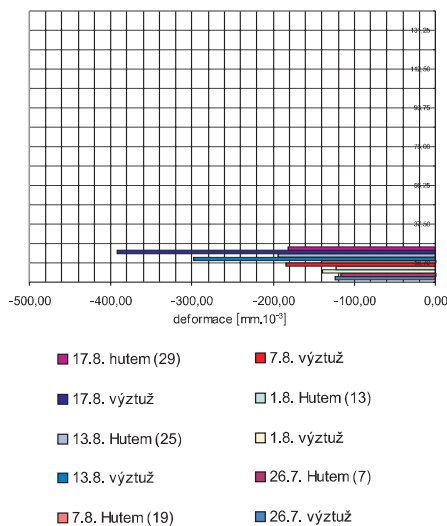
Obr. 4. Vnitřní deformace betonu z experimentu a z výpočtu programem HUTEM

Z obrázku 4 je zřejmé, že průběh i hodnoty vypočítaných teoretických deformací betonu jsou velmi blízké deformacím získaným experimentálně. U výztuže mají větší odchylku, ale ta není výrazná. Vypočítané teoretické deformace dávají správné hodnoty, proto i výpočet napětí od vlivu vysychání a teploty (obr. 6) se budou blížit skutečnosti a lze je použít pro návrh opravy výpočtu přetvoření.

Upravený návrhový model

Přírůstek počátečního napětí v průřezu je zhruba úměrný přírůstku smršťování. Největší přírůstek je v raném stáří betonu a se zráním klesá. Výpočet smršťování zahrnuje vliv stáří betonu, okolní relativní vlhkost, rozměr průřezu (náhradní tloušťku), kvalitu betonu atd. Celkové přetvoření betonu od smršťování závisí na stupni vyztužení. Proto počáteční stav napětí bude také závislý na stupni vyztužení.

Deska v experimentu byla modelována programem HUTEM. Napětí v průřezu bylo vypočítáno pro stáří 29 dní, tj. nejběžnější dobu, kdy se konstrukce zcela odbední, a následně zatíží. Po tloušťce prvku (150 mm) bylo osm vrstev, tj. tloušťka jedné byla 18,75 mm. Deska byla modelována pro různé stupně vyztužení, pro $\rho = 0,1; 0,4; 0,7; 1,0; 1,3; 1,6; 1,9$ a 2,2. Nosník je namáhán pouze změnou vlhkosti a teploty, neuvažuje se vliv vlastní tíhy betonu.

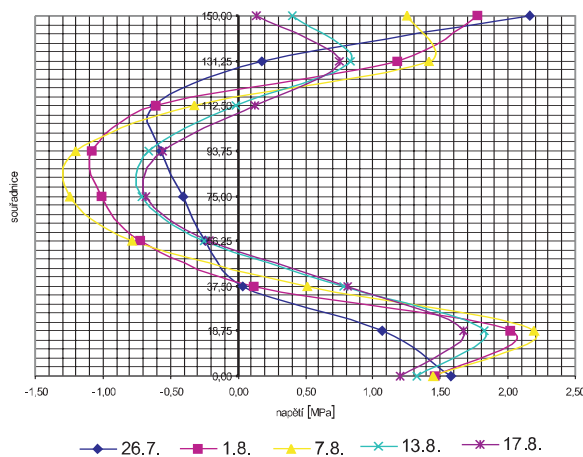


Obr. 5. Deformace výztuže z experimentu a z výpočtu programem HUTEM

Výsledkem numerického řešení je průběh napětí betonu pro jednotlivé stupně vyztužení. V některých bodech po výšce průřezu vznikají velké špičky napětí (obr. 6); na obr. 7 je znázorněn průběh napětí v závislosti na stupni vyztužení.

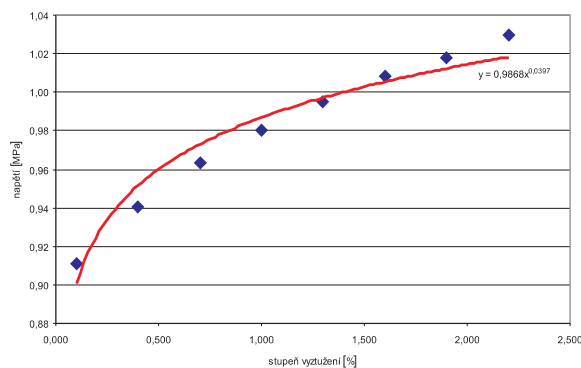
Pomocí bodů, které tvoří bodový graf, byl určen trend jevu. Pro vyjádření trendu byla použita mocninná křivka. Výsledná funkce (základní) výpočtu napětí v krajních vláknech průřezu je vyjádřena vztahem

$$f_{CS,b} = 0,9868 \rho^{0,0397} \quad (5)$$



Obr. 6. Rozložení napětí napříč deskou pro jednotlivé úseky

Poměrné délkové přetvoření betonu od smršťování ϵ_{cs} [6] zohledňuje náhradní tloušťku průřezu, pevnost betonu, druh cementu a průměrnou relativní vlhkost vzduchu v obklopujícím prostředí. Pomocí tohoto výpočtu, který byl prověřen řadou teoretických prací, se zohlední vliv okrajových podmínek. Proto základní funkci ze vztahu (5) zkrátíme hodnotou vypočítaného smršťování pro experiment desky a modulem pružnosti použité oceli výztuže. Úprava a zaokrouhlení směrem dolů zohledňuje příčnou měkkou výztuž.



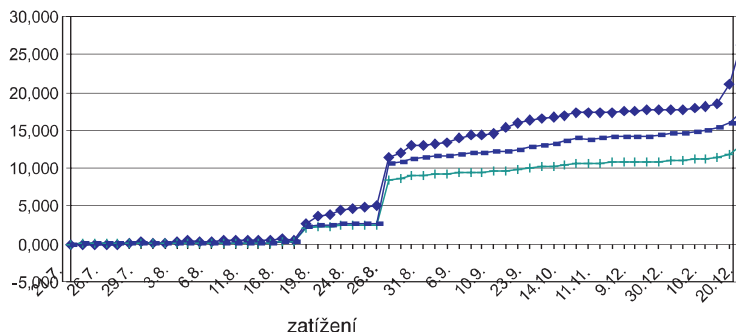
Obr. 7. Vypočítané napětí v závislosti na stupni vyztužení
 ◆ vypočítané napětí, — základní funkce

Po úpravě vychází funkce pro výpočet napětí vlivem vysychání v krajních vláknech, tzv. tahové napětí vyvolané maximálním smršťováním v průřezu, podle vztahu

$$f_{CS} = \frac{5}{104} E_s \cdot \epsilon_{CS} \cdot \rho^{0.04} \quad (6)$$

Tento odvozený vztah byl zaveden do výpočtu přetvoření [6] rovnicí (7). Pevnost betonu v tahu za ohybu pro výpočet M_{cr} momentu, při kterém vznikají trhliny, byla redukována o počáteční napětí podle funkce (6).

$$f_{ctm,red} = f_{ctm} - f_{CS} \quad (7)$$



Obr. 8. Průběh přetvoření podle EC 2 a z měření na panelu
 ◆ experiment, + standardní výpočet, ■ opravený výpočet

Redukovanou pevností betonu v tahu za ohybu vychází menší moment, při kterém vznikají trhliny, a následně i menší ohybové tuhosti, jež jsou na tomto momentu závislé. Navíc smršťování narůstá s časem, a tím i počáteční napětí. Výsledkem bude jiné počáteční přetvoření pro různé stáří betonu.

Porovnání obou výpočtů průhybu podle [6] s výsledky experimentu je zřejmé z obr. 8. Počáteční přetvoření pro opravený výpočet vychází s téměř nulovou chybou, u konečného přetvoření však s časem narůstá.

Závěr

Zavedení jednoduché úpravy pro výpočet průhybu s uvážením vlivu napětí vysycháním podle vzorce (6) může dát odpověď na otázku velkých průhybů skutečných konstrukcí. Odvození vztahu vychází z měření vnitřních deformací po výšce desky při experimentu a z výpočtů programem HUTEM. Výsledky experimentu nemusí být zcela průkazné, protože měření probíhalo pouze na jednom konstrukčním prvku. Výpočty programem HUTEM řeší pouze dvourozměrnou deskovou úlohu, zanedbávají vliv rozměru ve směru šířky konstrukce. Navíc, ve výpočtu se uvažují experimentálně určené koeficienty.

I přes možnou náhodnou variabilitu samostatných vstupů pro odvození závěrečného vztahu se výstupy, až na malé odchylky, shodují. Rovnost deformací z experimentu a z programu HUTEM, rovnost počátečního průhybu z experimentu a opraveného výpočtu podle EC 2. To již odpovídá realitě odvozeného napětí. Podobná teorie náhledu je uvažována i v zahraniční literatuře, např. Gilbert [2] a Bischoff [3].

Vznik napětí v železobetonových konstrukcích, které vykazují omezení volného přetvoření, je evidentní. Jeho vliv je možné pozorovat na běžných konstrukcích, např. potřhaném betonovém chodníku nebo trhlínách v železobetonové suterénní prostorově uzavřené vaně. Je pouze otázka, jak velký vliv má na přetvoření železobetonových konstrukcí a jak to zavést jednoduchým způsobem do návrhových postupů. Článek se pokouší tento problém nastínit a zavést jednoduchou úpravu výpočtu na základě teoretické rozvahy a experimentu.

Experiment a výsledky měření byly získány za podpory projektu č. 103/05/2226 GA ČR.

Literatura

[1] Bažant, Z. P. – Najjar, L. J.: Drying of Concrete as a Nonlinear Diffusion Problem. Cement and Concrete Research, Vol. 1, 1971, pp. 461–473.
 [2] Gilbert, R. I.: Deflection Calculation for Reinforced Concrete Structures – Why we Sometimes Get it Wrong. ACI Structural Journal, Vol. 96, 1999, No. 6, pp. 1027–1032.

- [3] Bischoff, P. H.: Effect of Shrinkage on Tension Stiffening and Cracking in Reinforced Concrete. Canadian Journal of Civil Engineering, Vol. 28, 2001, No. 3, pp. 363–374.
- [4] Bažant, Z. P. – Křístek, V. – Vitek, J. L.: Drying and Cracking Effects in Box-Girder Bridge Segment. Journal of Structural Engineering, Vol. 118, 1992, No. 1, pp. 305–321.
- [5] ČSN 73 1201 Navrhování betonových konstrukcí. ČSNi, 1994.
- [6] ČSN P ENV 1992-1-1 Eurocode 2: Navrhování betonových konstrukcí. Část 1.1: Obecná pravidla pro pozemní stavby. ČSNi, 1994.

Stránský, M. – Kohoutková, A.: The Effect of Shrinking on Deflection of RC Structures

The design of structures and structural elements given limit states of serviceability represents the most demanding and, at the same time, the least clear aspect of the design of concrete structures. The effect of shrinking of concrete falls within the most serious issues; furthermore, limitation of its free development causes time-dependent origination and development of cracks. In sections loaded by bending, it leads to a considerable growth of deflection in time.

Stránský, M. – Kohoutková, A.: Der Einfluss des Schwindens auf die Durchbiegung von Stahlbetonbauteilen

Der Entwurf von Konstruktionen und Konstruktionselementen vom Gesichtspunkt der Grenzzustände stellt den beschwerlichsten und am wenigsten verständlichen Aspekt des Entwurfs von Betonkonstruktionen dar. Der Einfluss des Schwindens des Betons gehört zu den schwerwiegendsten Erscheinungen, und darüber hinaus bewirkt eine Beschränkung seiner freien Entwicklung die zeitabhängige Entstehung und Entwicklung von Rissen. Das hat in biegebeanspruchten Teilen einen bedeutenden Anstieg der Durchbiegung mit der Zeit zur Folge.

● dizertace



Technologie střešních nástaveb panelových objektů

Ing. Jiří Kovalský

Dizertace hodnotí přednosti a nedostatky nástaveb na panelové objekty. Dotýká se i legislativy ve vazbě na konstrukce vyráběné montovanou technologií. Práce přináší nové poznatky z pohledu principů hodnotové analýzy.

Modelling the Tropospheric Delay and Introduction of Absolute Antenna PCV Models in Regional GPS Network

Ing. Vratislav Filler

Práce se zabývá variantním zpracováním sítě GPS v Bernese GPS software s ohledem na možnosti řešení troposféry a vlivu zavedení různých modelů variací fázových center antén. V síti devatenácti stanic GPS v Rakousku byla měření vyrovnána ve více než 70 variantách nastavení výpočetních parametrů.

Fermat's Ideas Revived in Mathematics Applied in Engineering

Ing. Alena Šolcová

V souboru deseti prací je Pierre de Fermat představen jako zakladatel řady oborů matematiky a autor metod využívaných v mnoha inženýrských oblastech. Hlavní pozornost je věnována aplikacím Fermatovy teorie čísel.

Ekologicky kompatibilní principy zesilování dřevěných stropních konstrukcí prvky na bázi recyklovaných komunálních odpadů

Ing. Petr Jiráček

Dizertace se zabývá spřažením původního dřevěného nosníku s deskou vytvořenou z recyklovaných nápojových kartonů. Práce je přínosná zejména z hlediska udržitelného rozvoje a snižování spotřeby primárních zdrojů surovin.

Kartografická interpretace vybraných geodetických programů při digitálním zpracování map

Ing. Jana Rudolfová

Hlavní pozornost autorka věnuje produktům firmy Adobe. Práci zaměřila na praktické aplikace a zpracování Geomorfologické mapy ČR 1 : 200 000. Jde o originální a v ČR průkopnické řešení.



**STAVEBNÍ
VELETRHY
BRNO 2006**

25.–29. 4. 2006

Brno – Výstaviště

www.stavebniveletrhybrno.cz



Souběžně probíhá:



Vliv vnitřního zateplení na nosnou konstrukci památkově chráněných budov

doc. Ing. Zdeněk BILL, DrSc.
Ing. Vladimír ŽDÁRA, CSc.
Ing. Jakub KALINÁČ
ČVUT – Fakulta stavební
Praha

Článek se zabývá napjatostí masivních stěnových a železobetonových skeletových konstrukcí historických budov od dodatečného zateplení. Je provedena analýza teplotních zatížení a napjatosti při aplikaci vnitřního a vnějšího zateplení a porovnání s nezateplenou konstrukcí. Poznatzky jsou zobecněny ve formě doporučení pro navrhování.

Úvod

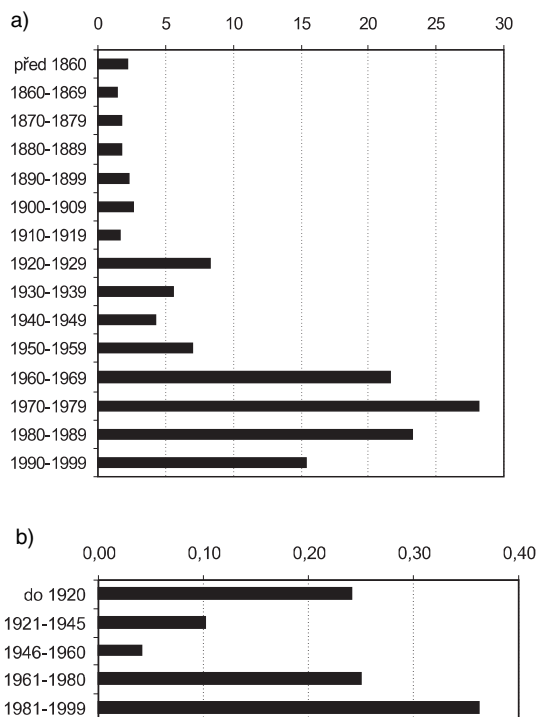
V současném procesu rozhodování o investicích a způsobech jejich financování se stává součástí navrhování rekonstrukcí tradičních budov potřeba snižování jejich energetické náročnosti. K prioritám patří zejména zlepšení tepelně technických vlastností jejich obalových konstrukcí dodatečným zateplováním.



Obr. 1. Členění pláště průčelí u památkově chráněných objektů z předválečného období

Citlivou a nedořešenou otázkou je v této oblasti problematika památkově chráněných objektů, u nichž nelze s ohledem na jejich kulturně historické hodnoty, často s nenahraditelnými detaily ve fasádních konstrukcích, provádět dodatečné zateplování vnějšího líce obvodového pláště.

Jak charakterizuje současná struktura stáří bytových a občanských staveb grafů na obr. 2, představují předválečné zděné a skeletové objekty v ČR 25 až 30 % z celkového objemu bytových staveb. Přitom převážná část jich je předmětem památkové ochrany. Obdobná situace je i v oblasti občanských staveb, kde uvedené období zahrnuje více než třetinu z celkového objemu. V odborné veřejnosti je rovněž známo, že „moderní“ éra funkcionalistických staveb naší architektury z třicátých let dvacátého století (popř. českého kubismu ad.) představuje výrazný a nadprůměrný fenomén i v celoevropském měřítku. Nelze opomenout ani stavební fond technických památek, představující součást průmyslového dědictví a vyžadující citlivou konverzi, potřebnou k modernizaci se zachováním charakteru původní funkce, popř. s udržením jedinečného vzhledu s konverzí technické stavby na obytný či občanský objekt.

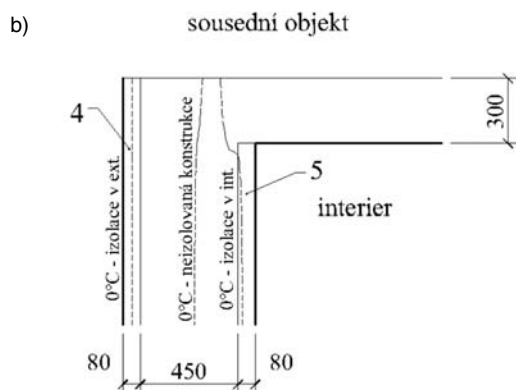
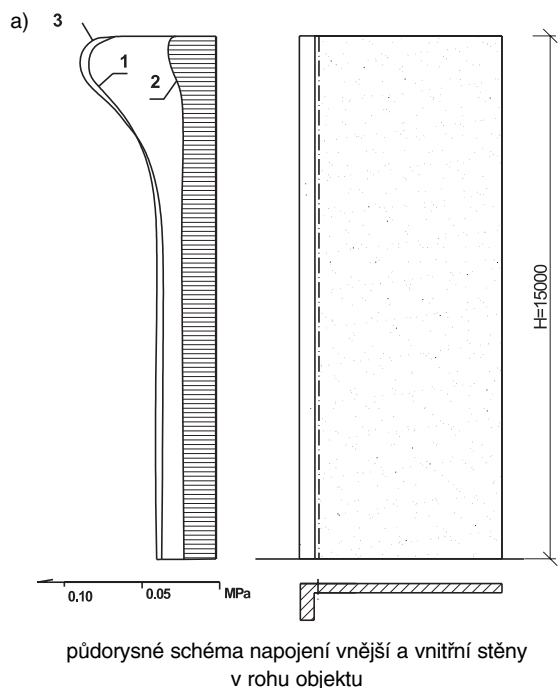


Obr. 2. Struktura bytových a občanských budov podle stáří
a – bytové objekty [mil. m² podlahové plochy], b – podíl plochy občanských budov na celkovém objemu výstavby

Stavebně technické problémy zateplování

Po technické stránce jsou v uvedené souvislosti proto často diskutovány možnosti alternativních úprav vnitřního zateplování z tepelně technických a staticko-konstrukčních hledisek. Výzkum i praxe ukázaly, že zateplování obvodové konstrukce na vnitřním povrchu nezbytně vyžaduje podrobný tepelně technický rozbor z hlediska vlhkostního režimu. Tepelná izolace na vnitřním povrchu posouvá nulovou izoter-

mu směrem k vnitřnímu líci, dochází ke snížení teploty obvodové konstrukce i k rozšíření a posunu kondenzační zóny směrem k vnitřnímu povrchu. Účinnou nepropustnost parozábrany na vnitřním povrchu obvodových stěn však technicky komplikují potřebné úchytky, kotvení i navazující konstrukce vnitřních stěn. Staticko-konstrukčním problémem vnitřního zateplování je nárůst teplotního namáhání obvodového pláště a navazující nosné konstrukce.



Obr. 3. Smyková napjatost v napojení vnější a vnitřní stěny
1 – průběh smykových napětí ve výchozím stavu, 2 – průběh smykových napětí při vnějším zateplení, 3 – průběh smykových napětí při vnitřním zateplení, 4 – vnější zateplení, 5 – vnitřní zateplení

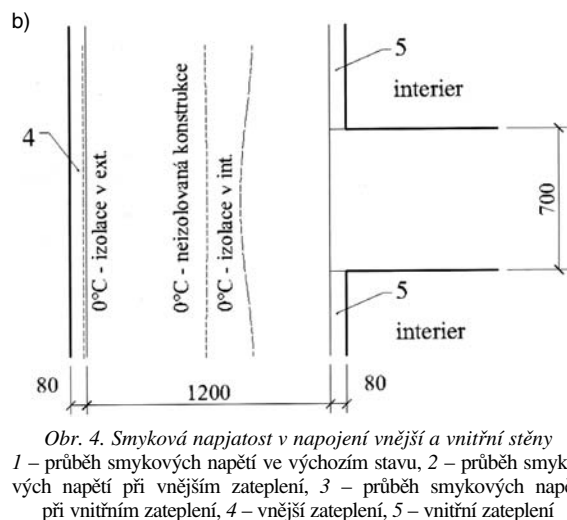
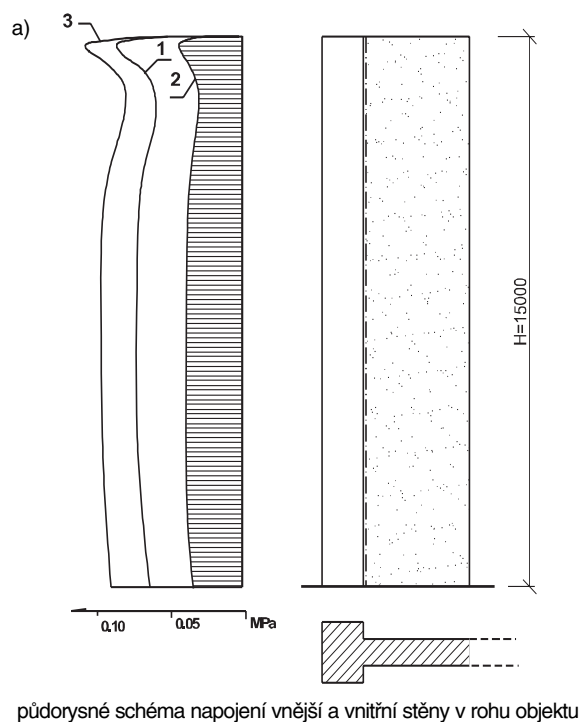
Předložený příspěvek, zpracováváný v rámci výzkumného záměru č. 1 v dílčí části „Analýza napjatosti vybraných případů historických a novodobých konstrukcí obvodových plášťů budov s ohledem na interakci s nosným systémem“, se zaměřuje na analýzu dosud nedostatečně vyhodnoceného problému – vlivu vnitřního zateplování na napjatost nosné konstrukce památkově chráněných budov zděných a skeletových systémů z konce 19. a začátku 20. století.

Na vybraných příkladech historických staveb byl vyšetřován vliv teplotního zatížení v zimním a letním období pro výchozí stav nezateplené konstrukce a variant vnitřního a vnějšího zateplení. K rozboru teplotního pole v nosné konstrukci navazující na obvodový plášť byly použity nume-

rické formy termodynamických výpočtů, ke statické analýze metoda konečných prvků. Předmětem rozboru byly zejména oblasti napojení vnitřní a vnější části stěnové zděné a železobetonové nosné konstrukce.

Tradiční zděné stavby z předválečného období

Tradiční zděné domy z tohoto období mají zděnou stěnovou nosnou konstrukci vytvořenou zpravidla jako podélný trojtrakt (dvojtrakt) se ztuženými schodištvými a štítovými stěnami. Jak staticko-konstrukční rozbor potvrdil, lze namáhaní nosné konstrukce v závislosti na alternativě zateplování kvantifikovat v charakteristickém místě navazujících příčných stěn na plášť, např. veličinu smykového namáhání po výšce objektu. Analýza potvrdila, že u těchto poměrně masivních staveb s teplotně stabilními obvodovými pláštěmi vnitřní zateplení pouze mírně (10 až 15 %) zvyšuje smykové namáhání v horní oblasti sledovaného detailu proti výchozímu nezateplenému stavu (obr. 3 – křivky 1, 2, 3). Vnější (klasické) zateplení omezí smykové namáhání v dané ob-



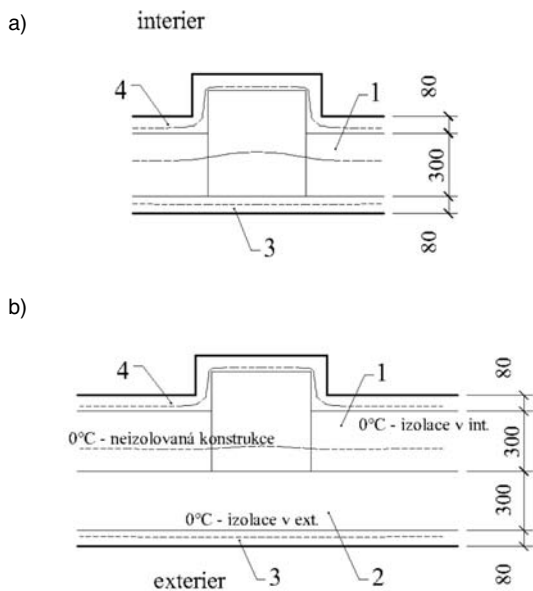
Obr. 4. Smyková napjatost v napojení vnější a vnitřní stěny
1 – průběh smykových napětí ve výchozím stavu, 2 – průběh smykových napětí při vnějším zateplení, 3 – průběh smykových napětí při vnitřním zateplení, 4 – vnější zateplení, 5 – vnitřní zateplení

lasti konstrukce výrazněji, tj. až o 60 % (obr. 3 – křivky 1, 2). Na obrázku je vynesena poloha významných izoterm daného místa pro zimní období (nulová izoterma – a, izoterma +12 °C), závažných pro vymezení kondenzační zóny ve styku.

Konstrukční systémy budov občanského charakteru z tohoto období jsou zpravidla kombinované a s výskytem většího počtu příčných stěn, navazujících na obvodový plášť. Konstrukce obvodového pláště i vnitřních stěn jsou u většiny budov podstatně masivnější. Smyková namáhání ve styku obvodový plášť–vnitřní stěny jsou zpravidla po výšce rovnoměrněji rozdělena, s mírným nárůstem k hornímu okraji stěny (obr. 4). Zpracované studie napjatosti prokázaly, že vnitřní zateplení v průměru zvýšilo smykové namáhání v uvažované konstrukci o 20 až 25 % proti výchozímu stavu, při běžném způsobu vnějšího zateplení by se dosáhlo omezení smykových namáhání o 45 až 50 %. Průběh izoterm v dané konstrukci je zřejmý z obr. 4b.

Skeletové betonové soustavy ze třicátých let

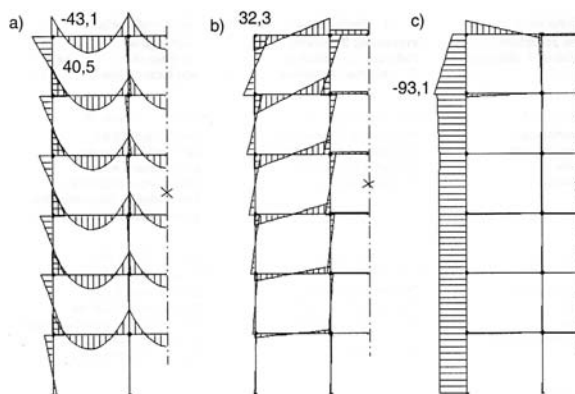
Výzkum v rámci konstrukčně statické analýzy se zaměřil na skeletové bytové i masivní stavby občanského charakteru z minulého století. Ve většině případů byl mezi sloupy betonového skeletu vzdívaný obvodový plášť z výplňového zdiva, který se v návaznosti na skelet vyznačuje výraznými tepelnými mosty, tudíž i s podstatnějším dopadem teplotních změn na nosnou konstrukci. Z architektonických důvodů u staveb občanských byl často v nižších podlažích budov navrhován masivní obvodový plášť s obklady předstupujícími před vlastní rovinu skeletu (obr. 5).



Obr. 5. Charakteristické úpravy obvodového pláště pro bytové a občanské stavby v místě betonové stojky rámu

a – detail napojení u bytového objektu, b – detail napojení u občanské stavby; 1 – výplňové zdivo, 2 – kamenný obklad, 3 – vnější zateplení, 4 – vnitřní zateplení

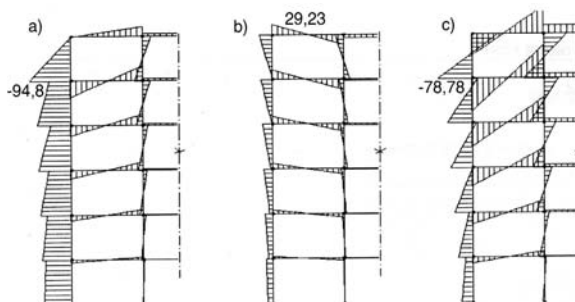
Ze schémat na obr. 7 a obr. 8 je zřejmý odlišný charakter namáhání nedostatečně izolovaného rámu v zimním a letním období. Zatímco ohybová namáhání způsobená teplotou jsou v zimním období zčásti opačného charakteru vůči účinkům svislých zatížení, v letním období se účinky nepříznivě sčítají. Na obrázcích 7b a 7c je doku-



Obr. 6. Porovnání vlivu teplotních zatížení nezateplené rámové konstrukce s účinkem svislých silových zatížení

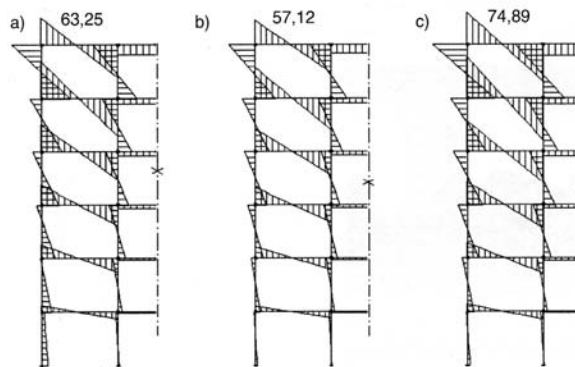
a – ohybové namáhání vlivem svislých zatížení (stálá a nahodilá), b – ohybové namáhání od zatížení vnější stojky rovnoměrným ochlazením, c – ohybové namáhání od zatížení vnější stojky rámu rovnoměrným teplotním spádem

mentován zásadní vliv způsobu zateplení na charakter namáhání nosné rámové konstrukce. Vnější zateplení paradoxně zvyšuje celkové namáhání krajního sloupu nosné konstrukce více než zateplení vnitřní, jehož účinky jsou částečně potlačeny svislým zatížením. Vnitřní zateplení se nepříznivě projevuje v namáhání rámových příčlů.



Obr. 7. Vliv zateplení obvodového pláště na ohybovou napjatost betonové rámové konstrukce v zimním období
a – výchozí stav, b – vnější zateplení, c – vnitřní zateplení

Podstatně odlišným způsobem je ovlivněno zejména ohybové namáhání nedostatečně tepelně izolovaného rámu v zimním a letním období (obr. 7, obr. 8). Zásadní vliv způsobu zateplení se projevuje na charakteru ohybových namáhání krajních sloupů nosné rámové konstrukce, jak dokumentuje průběh napjatosti na obr. 8.



Obr. 8. Vliv zateplení obvodového pláště na ohybovou napjatost betonové rámové konstrukce v letním období
a – výchozí stav, b – vnější zateplení, c – vnitřní zateplení

Při vnějším zateplení dochází paradoxně k vyššímu nárůstu namáhání krajních sloupů než při zateplování vnitřním. Ohybová teplotní namáhání při vnitřním zateplení se u krajních sloupů částečně odčítají od účinků svislých zatížení, nepříznivě je však ovlivněna napjatost rámových příčlů (*obr. 8c*). Z porovnání průběhu (*obr. 8b a obr. 8c*) vyplývá, že v letním období není napjatost nosné skeletové konstrukce výrazněji ovlivňována způsobem zateplení.

Závěr

K zajištění vyšší kvality vnitřního prostředí budov a ke snížení jejich energetické náročnosti je nezbytně nutné zlepšování tepelné izolačních vlastností obalových konstrukcí. U budov, které nevyžadují zachování původního vzhledu, členění a úprav obvodového pláště (např. u panelových bytových domů), je z fyzikálních i staticko-konstrukčních hledisek funkčně spolehlivější jejich zateplení z vnějšího líce. Kromě zlepšení tepelné akumulace obvodových zateplených konstrukcí a poklesu nákladů na vytápění, omezení teplotních objemových změn nosné konstrukce vede k podstatnému snížení namáhání nosné konstrukce.

Při zateplování obvodových stěn na vnitřním povrchu dochází k podstatně větším objemovým změnám a k nepříznivému nárůstu napjatosti nosné konstrukce. Zateplení stěno-

vých konstrukcí z vnitřního líce se jeví opodstatněné pouze v závažných případech (např. u památkově chráněných historických budov). Náročnost takového technického řešení však nutně vyžaduje individuální přístup ke každému případu, prověření statického chování a charakteru tepelně vlhkostního režimu plášťové konstrukce.

Příspěvek vznikl za podpory výzkumného záměru VZ 01 CEZ MSM 6840770001.

Literatura

- [1] Bill, Z. – Žďára, V.: Působení nesilových teplotních zatížení na stěnové soustavy. [Sborník], konference „Staticko-konstrukční a stavebno-fyzikální problémy stěnových sústav“. Tatranská Lomnice, 2000, s. 7–11.
- [2] Bill, Z. – Žďára, V. – Karas, J.: Optimalizace návrhu vrstvených obvodových konstrukcí na působení klimatických zatížení. [Sborník], konference Staticko-konstrukční a stavebno-fyzikální problémy stěnových sústav. Tatranská Lomnice, 2001, s. 43–48.
- [3] Bill, Z. – Žďára, V.: Analýza vlivu vnitřního zateplení na nosnou konstrukci památkově chráněných budov. [Sborník], konference Staticko-konstrukční a stavebno-fyzikální problémy stěnových sústav. Tatranská Lomnice, 2003, s. 68–73.

Bill, Z. – Žďára, V. – Kalináč, J.: The Effect of Interior Insulation on Load-Bearing Structures of Historical Buildings

This paper is aimed to examine the state of stress of massive wall and skeletal structures imposed by added interior thermal insulation. Thermal loads imposed by the thermal effect are analyzed, while applying thermal insulation both internally and externally in the building; and comparison is made with an uninsulated building. Calculation of stress in brick wall and concrete frame structure in multi-level buildings is made. Findings from the analyses made are generalized and recommendations for the design are formulated.

Bill, Z. – Žďára, V. – Kalináč, J.: Einfluss eines nachträglichen inneren Wärmeschutzes auf die Tragkonstruktion denkmalgeschützter Gebäude

Der Artikel befasst sich mit dem Spannungszustand massiver Wandscheiben- und Stahlbetonskelettkonstruktionen infolge einer nachträglichen Wärmedämmung. Es wird eine Analyse der Größe der Wärmebelastungen und des Spannungszustandes bei der Anwendung einer inneren und einer äußeren zusätzlichen Wärmedämmung und ein Vergleich mit der nicht nachträglich gedämmten Konstruktion vorgenommen. Die Erkenntnisse werden in Form von Entwurfsempfehlungen verallgemeinert.

ÚTAM AV ČR Praha a Dům techniky Ostrava

pod záštitou

CIDEAS, FAST VŠB TU Ostrava, IA ČR, ČSSI, ČKAIT a SPS

pořádají

VII. celostátní konferenci

SPOLEHLIVOST KONSTRUKCÍ

*Od prvků a dílců stavebních konstrukcí ke konstrukčním systémům
v pravděpodobnostním posudku inženýrské spolehlivosti
s využitím simulační techniky.*

5. dubna 2006

Akademie věd ČR, Praha 1, Národní třída 3

www.sbra-anthill.com

Modelování přenosu tepla moderními výpočetními prostředky v oblasti TZB

Ing. Ondřej ŠIKULA
VUT – Fakulta stavební
Brno

prof. Ing. Karl PONWEISER, ao., Dr. techn.
TU – Fakultät für Maschinenbau
Wien

K řešení svázaných mechanismů přenosu tepla kondukcí, konvekcí a radiací se ve světě hojně používají moderní simulační prostředky. Také v oboru technických zařízení budov se tyto metody stále častěji využívají. V článku jsou analyzovány tepelné ztráty prostupem venkovní stěnou v systému otopné těleso–vzduch–stěna. Řešení v softwaru FLUENT je porovnáno s výsledky vlastního matematického modelu.

Úvod

V oboru technických zařízení budov se často setkáváme s potřebou řešit svázané úlohy sdílení tepla kondukcí, konvekcí a radiací. Typickým příkladem metod CFD (Computational Fluid Dynamics) jsou komerční programy pro simulaci úloh mechaniky tekutin. Úspěšná práce s nimi je podmíněna jistou znalostí v oboru mechaniky tekutin a použitých numerických metod řešení. Výsledky, kterých lze dosáhnout, jsou pro obor velmi cenné. Avšak pouze nekritické přijímání výsledků simulací v těchto programech by bylo jistě špatnou cestou. Je tedy dobré při řešení konkrétního technického problému využít fyzikálně matematické modely, které umožní porovnání dosažených výsledků. Jako optimální se jeví vytvoření vlastního fyzikálně matematického modelu.

Neopomenutelnou součástí každého komplexního řešení technických problémů je experiment. Měření na reálných objektech umožňuje objektivně potvrdit či vyvrátit vhodnost použitých modelů. Tento článek se zaměřuje pouze na teoretické řešení dané problematiky, bez porovnávání s řešením experimentálním. Porovnání simulace CFD v komerčním programu s vlastním řešením může přinést cenné výsledky a zkušenosti. Umožňuje zhodnotit oprávněnost předpokladů přijatých při vytváření vlastního fyzikálně matematického modelu, z praktického hlediska pak například odhalení chyb v zadání či v interpretaci výsledků komerčních programů. Obecně se tak využívá kombinace předností obou metod řešení. Hlavní výhodou vlastního řešení je, že přednosti a omezení jsou pro jeho tvůrce zjevné a dobře vysvětlitelné.

U komerčních programů pro mechaniku tekutin nastávají jistě problémy. Z konkurenčních důvodů jsou některé algoritmy, na kterých je software CFD založen, pro uživatele skryté. Také ve výpočtech, využívajících svázaných mechanismů přenosu tepla kondukcí, konvekcí a radiací, nebývá stabilita řešení, a tedy i jeho konvergence ke správnému řešení, samozřejmá. Obtíže nastávají zvláště tam, kde hybnou silou proudění je přirozený vztlak. Dalším problémem je velká náročnost této metody na výkon počítače. Napří-

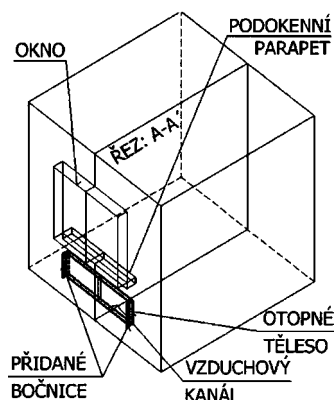
klad nestacionární simulace tepelného chování určitého systému v průběhu celého roku je při současném výkonu počítačů nereálná. Nad těmito úskalími metody CFD však převažují výhody, které plynou z její obecnosti a široké možnosti jejího uplatnění.

Potřeba řešit svázané úlohy sdílení tepla kondukcí, konvekcí a radiací vyvstává například tam, kde energetickým prvkem pro tvorbu vnitřního tepelného mikroklimatu v zimním období je otopné těleso, které se standardně umísťuje u venkovní stěny. Podle [2] předává tepelný tok do místnosti konvekcí 60 až 70 % a radiací 30 až 40 %. Sdílení tepla otopného tělesa s venkovní stěnou způsobuje i zvýšené vedení tepla stěnou, a tím i zvýšené tepelné ztráty do venkovního prostředí.

Proces v systému otopné těleso–venkovní stěna tedy využívá všech mechanismů sdílení tepla. Okrajovými podmínkami, které určují intenzitu tepelné výměny, jsou především venkovní klimatické podmínky. V důsledku časové proměnlivosti vnějšího klimatu je přirozeně nutné řešit tuto problematiku jako proces nestacionární či kvazistacionární. Díky aktuálním požadavkům na tepelnou ochranu budov jsou tepelné ztráty nových budov velmi malé. Potřebný výkon v takovýchto místnostech klesá a s ním i nutná plocha tělesa. Pro vytápění pak často dostačuje deskové těleso pouze s jednou deskou.

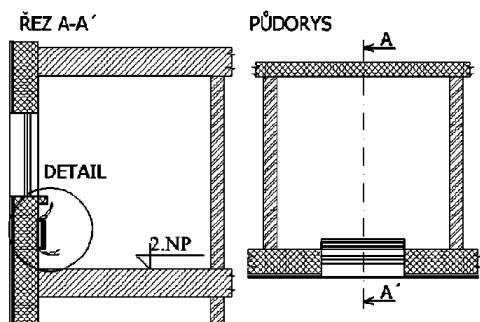
Popis úlohy

V článku jsou popsány tepelné toky prostupem venkovní stěnou v systému otopné těleso–vzduch–stěna pro zimní výpočtový stav v nevybavené místnosti s jednou venkovní stěnou a oknem. Řešení je prezentováno jako stacionární.

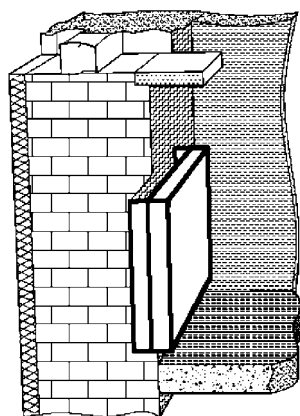


Obr. 1. Geometrie místnosti

Deskové otopné těleso s jednou deskou větší tloušťky je umístěno pod oknem. Jeho šířka je rovna šířce okna, vzduchový kanál mezi tělesem a stěnou je po stranách uzavřen pevnými bočnicemi (obr. 1 až obr. 3). Výpočet se provádí



Obr. 2. Půdorys a řez místnosti



Obr. 3. Detail otopného tělesa

pro okrajové podmínky podle tab. 1. Při výpočtu sdílení tepla radiací se považují všechny plochy za šedé matové zářiče, kde součinitel pohltivosti je roven součiniteli emisivity. Vzduch je považován za zcela průteplivý.

Tab. 1. Okrajové podmínky

Označení	[°C]	Okrajová podmínka
ϑ_{LR}	22	teplota vzduchu v místnosti
ϑ_1	59,9	střední povrchová teplota otopného tělesa
ϑ_{2E}	-12,2	teplota vnějšího vzduchu
ϑ_{3E}	= ϑ_{LR}	teplota vzduchu za bočnicí (za plochou č. 3, otočenou do místnosti)
ϑ_{4E}	= ϑ_{LR}	teplota vzduchu za bočnicí (za plochou č. 4, otočenou do místnosti)
ϑ_{5E}	20	teplota vzduchu v sousední horní místnosti
ϑ_{6E}	20	teplota vzduchu v sousední dolní místnosti

Metody řešení

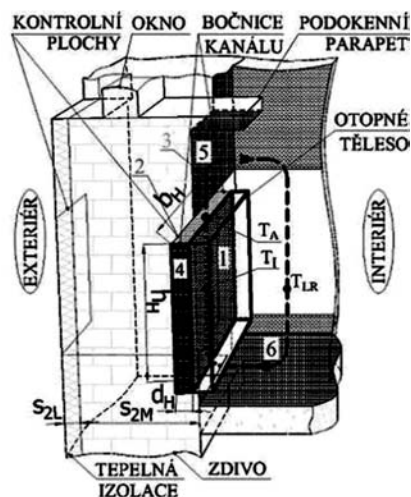
Pro výpočet tepelných ztrát stěnou v systému otopné těleso–vzduch–stěna lze použít metodu simulace CFD v programu FLUENT a vlastní fyzikálně matematický model v programu MathCAD. Porovnání obou přístupů je provedeno na dvou variantách povrchové úpravy stěny. Varianta A představuje standardní řešení, kde je stěna opatřena omítkou se součinitelem emisivity $\varepsilon_2 = 0,8$. U varianty B je přidána reflexní fólie se součinitelem emisivity $\varepsilon_2 = 0,05$.

Simulace CFD

Pro řešení diferenciálních rovnic mechaniky tekutin numerickou metodou kontrolních objemů je využit software FLUENT 6.1. Sdílení tepla je uvažováno jako třírozměrné. Přenos tepla vedením a prouděním vychází z numerického řešení diferenciální rovnice tepelné difúze, rovnice kontinuity a Navierových–Stokesových rovnic metodou kontrolních objemů. Proudění je uvažováno jako nestlačitelné a hustota proudícího vzduchu se mění s teplotou podle stavové rovnice pro ideální plyn. Proudění je řešeno jako stacionární. Pro model turbulence byl použit Reynoldsův napěťový model (RSM). Pro sdílení tepla radiací byl použit model radiace (DTRM – Discrete Transfer Radiation Model).

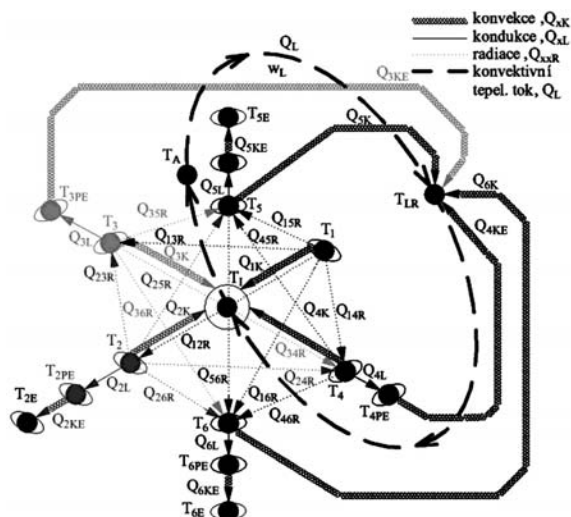
Fyzikálně matematický model

Vlastní fyzikálně matematický model vychází z analýzy sdílení tepla konvekcí a radiací mezi plochou otopného tělesa přivrácenou ke stěně, stěnou, bočnicemi a okolními plochami (obr. 4).



Obr. 4. Geometrické schéma otopného tělesa

Umožňuje stanovit vliv různých variant geometrického uspořádání systému otopné těleso–stěna na zmenšení tepelné ztráty prostupem venkovní stěnou pro libovolné okrajové podmínky. Sdílení tepla radiací je řešeno jako trojrozměrné, sdílení tepla vedením a prouděním jako jednorozměrné.



Obr. 5. Výpočetní síť tepelných toků

Výpočetní síť (obr. 5) představuje schéma tepelných toků vedením, prouděním a sáláním. V uzlech jsou počítány teploty, jejichž index odpovídá číslu sledovaného povrchu. Teploty ve vnějších uzlech sítě jsou zadávány jako okrajové podmínky. Teploty ve vnitřních uzlech a průměrná rychlost vzduchu v kanálu se zadávají jako počáteční podmínky a po matematickém dokončení úlohy jsou výsledkem řešení. Z těchto teplot jsou pak základními rovnicemi dopočítány tepelné toky. Matematické vyjádření schématu je dokumentováno vybranými rovnicemi.

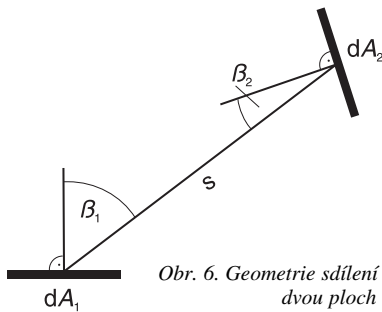
Vztahy pro výpočet sdílení tepla v systému

- Tepelný tok radiací mezi povrchy

$$Q_{12R} = \frac{\varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 \cdot A_1 \cdot \sigma_s \cdot f_{12} \cdot (T_1^4 - T_2^4)}{1 - (1 - \varepsilon_1) \cdot (1 - \varepsilon_2) \cdot f_{12}^2 \cdot \frac{A_1}{A_2}} \quad (2)$$

- Analytický výpočet směrového faktoru f_{12} [3]

$$f_{12} = \frac{1}{\pi} \iint_{A_1 A_2} \frac{\cos(\beta_1) \cdot \cos(\beta_2)}{s^2} dA_1 dA_2 \quad (3)$$



Obr. 6. Geometrie sdílení tepla sáláním dvou ploch

- Tepelný tok konvekcí z plochy stěny a otopného tělesa do vzduchového kanálu

$$Q_{1k} = A_1 \cdot \alpha_1 \cdot (\vartheta_1 - \vartheta_i) \quad (4)$$

$$Q_{2k} = A_2 \cdot \alpha_2 \cdot (\vartheta_2 - \vartheta_i) \quad (5)$$

- Tepelný tok vedením a konvekcí z plochy stěny do exteriéru

$$Q_{2L} = A_2 \cdot k_2 \cdot (\vartheta_2 - \vartheta_{E2}) \quad (6)$$

- Výpočet součinitele přestupu tepla z plochy do vzduchového kanálu [3]

$$Gr_{s1} = \frac{g \cdot \beta_L \cdot (\vartheta_1 - \vartheta_{LR}) \cdot d_H^3}{\nu_L^2} \cdot \frac{d_H}{h_H},$$

$$Pr_L = \frac{\nu_L}{\alpha_L},$$

$$Nu_{H1} = \left[\frac{1}{(C_1 \cdot Gr_{s1} \cdot Pr_L)^{\frac{3}{2}}} + \frac{1}{\left[C_2 \cdot (Gr_{s1} \cdot Pr_L)^{\frac{1}{4}} \right]^{\frac{3}{2}}} \right]^{\frac{2}{3}} \quad (7)$$

$$\alpha_1 = Nu_{H1} \cdot \frac{\lambda_L}{d_H}$$

- Výpočet součinitele přestupu tepla z plochy do vzduchového kanálu pro laminární proudění [3]

$$Nu_{0l} = 0,664 \cdot \sqrt[3]{Pr_L} \cdot \sqrt{Re \cdot \frac{d_{hk}}{h_H}}$$

$$\alpha_2 = Nu_{H2} \cdot \frac{\lambda_L}{d_H} \quad (8)$$

Vztahy pro výpočet rychlostí proudění v kanálu

- Tlakové ztráty v kanálu – přibližný výpočet součinitele tření ξ_i podle Whiteova–Colebrookova vztahu (9). Vyčází z prvotního předpokladu turbulentního proudění vzduchu v kanálu. Podle skutečného typu proudění byl tento vztah ve výpočtu modifikován

$$\xi_i = \sqrt{\xi_i} + \frac{1}{2 \cdot \log \left(\frac{2,51}{Re_i \cdot \sqrt{\xi_i}} + \frac{Kzud}{3,71} \right)} \quad (9)$$

- Tlakové ztráty při proudění vzduchu kanálem pro součinitel vřazených odporů na vstupu ξ_E a na výstupu ξ_A vzduchu

$$\Delta p_F = \left[\xi_i \cdot \frac{h_H}{d_{hk}} + \xi_E + \xi_A \right] \cdot \frac{w_L^2}{2} \cdot \frac{p_U}{R_L \cdot T_i} \quad (10)$$

- Tlaková diference v důsledku vzlaku

$$\Delta p_{SH} = g \cdot h_H \cdot \frac{p_U}{R_L} \cdot \left(\frac{1}{T_{LR}} - \frac{1}{T_i} \right) \quad (11)$$

- Vzduchem odvedený tepelný tok z kanálu

$$Q_L = \frac{p_U}{R_L} \cdot \frac{w_L}{T_i} \cdot (b_H \cdot d_H) \cdot cp_L \cdot 2 \cdot (\vartheta_i - \vartheta_{LR}) \quad (12)$$

- Vlastní výpočet spočívá ve vyčíslení kořenů nelineární soustavy bilančních rovnic

$$Q_{12R} - Q_{23R} - Q_{24R} - Q_{25R} - Q_{26R} - Q_{2L} - Q_{2k} = 0,$$

$$Q_{13R} + Q_{23R} - Q_{34R} - Q_{35R} - Q_{36R} - Q_{3L} - Q_{3k} = 0,$$

$$Q_{14R} + Q_{24R} + Q_{34R} - Q_{45R} - Q_{46R} - Q_{4L} - Q_{4k} = 0,$$

$$Q_{15R} + Q_{25R} + Q_{35R} + Q_{45R} - Q_{56R} - Q_{5L} - Q_{5k} = 0,$$

$$Q_{16R} + Q_{26R} + Q_{36R} + Q_{46R} + Q_{56R} - Q_{6L} - Q_{6k} = 0,$$

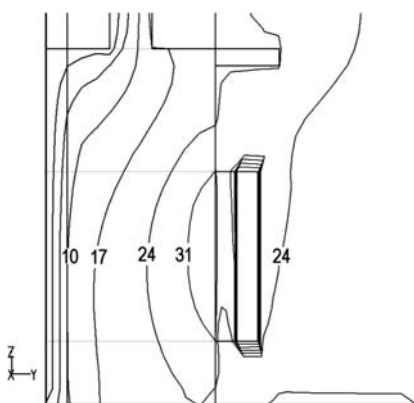
$$\sum_{j=1}^N Q_{jk} - Q_L = 0, \quad (13)$$

$$\Delta p_F - \Delta p_{SH} = 0.$$

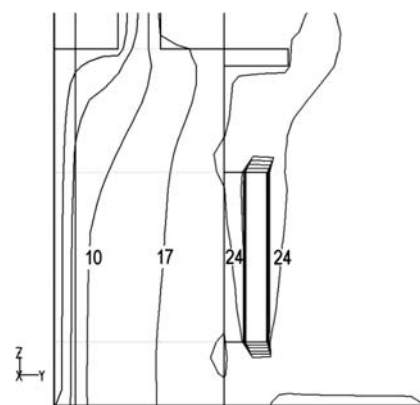
Takto sestavený model je řešen v programu MathCAD 8. Počítané veličiny jsou teploty $\vartheta_2, \vartheta_3, \vartheta_4, \vartheta_5, \vartheta_6, \vartheta_i$ a rychlost w_L . Umožňuje vyjádřit vliv jednotlivých geometrických a tepelně technických charakteristik na zmenšení tepelné ztráty postupem venkovní stěnou pro volitelné okrajové podmínky. Lze jím také simulovat vliv reflexní fólie umístěné na stěnu.

Výsledky řešení

Výsledkem jsou výstupy z vlastního řešení a z programu FLUENT (obr. 8 až obr. 10). Grafické výstupy znázorňují vliv reflexní fólie na teplotní a rychlostní pole v ose místnosti.



Obr. 8. Varianta A, řez A – A, teplotní pole



Obr. 9. Varianta B, řez A – A, teplotní pole

Ve variantě A je v důsledku sálání otopného tělesa zvýšená povrchová teplota stěny (obr. 8), která je vyšší než průměrná teplota vzduchu v kanálu. Tím vzniká při této stěně dodatečný termický vztlak a zvýšená rychlost (obr. 10). Zvyšuje se tím také součinitel přestupu tepla na stěně. Směr tepelného toku konvekce je tedy ze stěny do vzduchového kanálu. Ve variantě B je povrchová teplota stěny výrazně nižší a je i menší než průměrná teplota vzduchu v kanálu (obr. 9). Směr tepelného toku konvekce je tedy ze vzduchového kanálu do stěny. Rychlost proudění vzduchu při stěně (obr. 11) a součinitel přestupu tepla na stěně je menší než v předchozím případě.

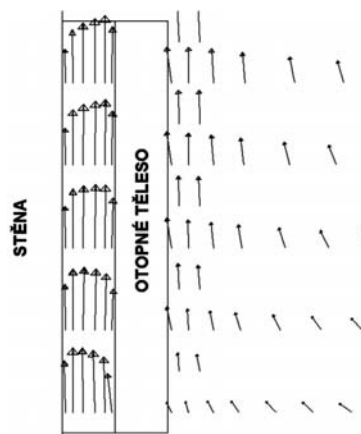
Porovnání obou postupů

Výsledky obou metod řešení uvádějí tab. 2 a tab. 3. Porovnání prokazuje dobrou shodu obou použitých přístupů.

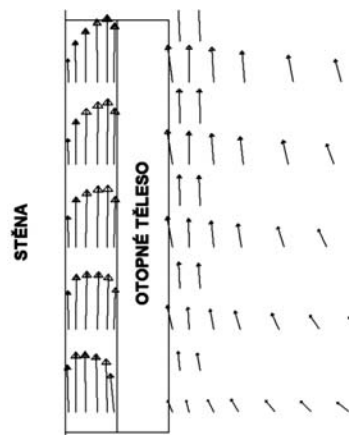
Následující tabulky vycházejí z výsledků vlastního řešení. Vliv vnitřního povrchu stěny na tepelný výkon desky otopného tělesa otočené ke zdi a na snížení tepelných ztrát stěnou za tělesem uvádí tab. 4. Schopnost desky předat teplo konvekci a radiací pro obě varianty uvádějí tab. 5 a tab. 6. Z uvedených výsledků je patrný vliv varianty A a B na vzájemný podíl mechanismů sdílení tepla. Jejich podrobnější specifikace přesahuje rozsah tohoto článku.

Tab. 2. Porovnání vybraných výsledků – varianta A

Veličiny	Vlastní řešení	FLUENT	Relativní rozdíl [%]
ϑ_2 [°C]	40,4	34,7	14
ϑ_i [°C]	25,6	27,6	-8
ϑ_A [°C]	29,1	30,6	-5
ϑ_3 [°C]	32,1	33,3	-4
w_L [m/s]	0,28	0,25	11
Tepelný tok	Vlastní řešení	FLUENT	Relativní rozdíl [%]
	[W]		
Q_L	117,5	-103,8	12
Q_{1K}	83,4	91,6	-10
Q_{2K}	23,3	-26,5	-14
Q_{2L}	10,2	7,9	23
Q_{12}	36,9	45,8	-24



Obr. 10. Varianta A, řez A – A, rychlostní pole



Obr. 11. Varianta B, řez A – A, teplotní pole

Tab. 3. Porovnání vybraných výsledků – varianta B

Veličiny	Vlastní řešení	FLUENT	Relativní rozdíl [%]
ϑ_2 [°C]	22,0	20,0	9
ϑ_1 [°C]	24,9	25,8	-3
ϑ_A [°C]	27,8	28,7	-3
ϑ_3 [°C]	31,6	35,3	-12
w_L [m/s]	0,25	0,22	13
Tepelný tok	Vlastní řešení	FLUENT	Relativní rozdíl [%]
	[W]		
Q_L	86,4	87,9	-2
Q_{1K}	80,7	93,6	-16
Q_{2K}	2,2	2,0	10
Q_{2L}	6,6	6,8	-3
Q_{12}	4,3	3,7	-14

Tab. 4. Vliv reflexní fólie

Varianta	A	B	Rozdíl [%]
	[W]		
výkon desky tělesa	130,7	95,7	27
tepelné ztráty stěnou	10,2	6,6	35

Tab. 5. Rozdělení výkonu otopného tělesa – varianta A

Varianta	Tepelný výkon [W]	Podíl [%]
celkem	130,7	100
konvekce	83,5	64
radiace	47,2	36

Tab. 6. Rozdělení výkonu otopného tělesa – varianta B

Varianta	Tepelný výkon [W]	Podíl [%]
celkem	95,7	100
konvekce	80,7	84
radiace	15,0	16

Závěr

Cílem článku je ukázat možnosti moderních metod řešení svázaných mechanismů přenosu tepla v oblasti TZB. Tyto možnosti jsou prezentovány při řešení tepelných ztrát prostorem venkovní stěnou v systému otopné těleso-vzduch-stěna. Řešení dané úlohy v programu FLUENT je porovnáváno s výsledky vlastního matematického modelu. Použití těchto metod umožňuje vyčíslit výkon otopného tělesa a tepelné ztráty stěnou. Přidáním reflexní fólie na vnitřní povrch stěny je možno při daných podmínkách dosáhnout úspory až 35 % tepelných ztrát stěnou v místě zavěšení tělesa. V poměru k celkové tepelné ztrátě místnosti je úspora tepelných ztrát na tomto výseku stěny velmi malá. Výpočtem pro celou topnou sezónu je možné zjistit souhrnnou úsporu tepla a financí. Vzniká rovněž možnost teoreticky posoudit efektivnost a návratnost tohoto opatření.

Literatura

- [1] FLUENT 6.1 User's Guide. February 2003.
- [2] Klaus, D.: Technika budov. Bratislava, Jaga 2003.
- [3] Gesellschaft Verfahrenstechnik und Chemieingenieurwesen: VDI – Wärmeatlas. Berlin, Springer 1988.
- [4] Šikula, O.: Diskretizace v úlohách vedení tepla v TZB. [Sborník], konference „Juniorstav“, Brno, FAST VUT, 2005.

Šikula, O. – Ponweiser, K.: Modelling of Heat Transfer in the Field of Technical Facility Equipment and Calculation Using Modern Techniques

Coupled heat transfer problems by conduction, convection, and radiation are often solved by means of Computational Fluid Dynamics (CFD) simulations. That applies to calculations in the field of technical facility equipment, too. This article analyzes the thermal loss through the external wall in the system: heating element – room air – wall. The outcomes of FLUENT simulations are compared with the results obtained from models developed as part of this research.

Šikula, O. – Ponweiser, K.: Modellierung der Wärmeübertragung im Bereich der technischen Gebäudeausrüstung mit modernen Mitteln der Computertechnik

Gekoppelte Wärmetransportprobleme mit Leitung, Konvektion und Strahlung werden heute häufig mit modernen Simulationsmitteln (CFD – Computational Fluid Dynamics) gelöst. Auch im Bereich der Technischen Gebäudeausrüstung werden diese Methoden immer häufiger eingesetzt. In der vorliegenden Arbeit werden die Wärmeverluste eines Gebäudes unter Betrachtung des Systems Heizkörper – Raumluft – Gebäudewand analysiert. Es wird eine mit der Software FLUENT errechnete Lösung mit Ergebnissen, welche unter Anwendung selbst entwickelter mathematischer Modelle erzielt wurden, verglichen.

Stavební obzor na CD

Ročníky

2002, 2003, 2004, 2005

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

Cena:

1 ročník na CD

včetně krabičky a přebalu 400 Kč

poštovné + balné (dobírka) 100 Kč

Objednávky:

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

Poplatek za bankovní záruku jako součást ceny stavební zakázky

Ing. Pavel ERBEN
 ČVUT – Fakulta stavební
 Praha

Bankovní záruky jsou účinným nástrojem pro zvýšení finanční jistoty smluvních partnerů ve stavebním průmyslu. Poplatek za poskytnutí záruky není zanedbatelný, přesto stavebníci ani dodavatelé často nemají zájem tyto poplatky v ceně zakázek rozlišovat. Ekonomické zásady pro tvorbu správné ceny však vyžadují poplatek vést jako explicitní položku ceny stavební zakázky.

Exkurs do bankovních záruk

Bankovní záruky přispívají k hladkému průběhu stavební zakázky, neboť zvyšují finanční jistotu smluvních stran. Ručitel se zárukou zavazuje za svého klienta (příkazce záruky) k finančnímu plnění ve prospěch příjemce záruky, pokud příkazce vůči příjemci nesplní své smluvní závazky. Bankovní záruka poskytnutá příkazci dává příjemci informaci, že je příkazce spolehlivým obchodním partnerem, neboť pro získání záruky musel úspěšně projít několikanásobným interním ratingem ručitele. V něm ručitel zjišťuje bonitu příkazce, přičemž hodnotí schopnost příkazce dostát závazkům (např. dodavatele stavebních prací ukončit zakázku včas) a jeho schopnost splácet úvěry všeho druhu.

Mechanismus záruky způsobuje, že si příkazce nemůže dovolit neplnit smluvní závazky vůči svému partnerovi. Uplatnění záruky nespokojeným příjemcem by znamenalo dlouhodobé poškození goodwillu příkazce, snížení jeho bonity vedoucí k neschopnosti získání dalších záruk pro nové kontrakty, a v důsledku toho odchod z příslušného sektoru trhu.

Záruky ve stavebnictví

V českém stavebnictví má záruka (bank guarantee) povahu abstraktního¹⁾ závazku, vyplatitelného pouze ve formě peněžní částky. Působí na příkazce (většinou jím je stavební dodavatel) především svou existencí, více než finanční tlak vyvíjí tlak morální, jelikož uplatnění záruky by značně poškodilo jméno podniku, s důsledky již popsány. Pro porovnání, v americkém stavebnictví je záruka (surety bond) akcesorický²⁾ závazek. Ručitel se za stavebního dodavatele zavazuje nejen finanční hotovostí, ale navíc přijímá odpovědnost dílo dokončit [2].

Bankovní záruka je univerzální instrument, kterým je možné ručit za různé předměty ručení. Ve stavebnictví se nejvíce využívá záruka:

- na uzavření smlouvy (bid bond) – zajišťuje stavebníkovi, že dodavatel uzavře smlouvu s nabídkovou cenou a předloží další požadované záruky;

- na dokončení díla (performance bond) – chrání stavebníka před finančními ztrátami způsobenými nedokončením díla vinou dodavatele;
- za záruční opravy (maintenance bond) – chrání stavebníka před neochotou či neschopností dodavatele odstranit vady díla v záruční době;
- za zádržné (retention guarantee) – uvolňuje zbytek neproplaceného zádržného, dodavatel má více volného kapitálu.

Poplatky za bankovní záruky jako součást ceny zakázky

Ručitelé samozřejmě neposkytují záruky zdarma. Jejich cena (poplatek) závisí na typu a předmětu záruky, zaručené částky, délce ručení, bonitě příkazce, rizikovitosti zakázky a místních zvyklostech. Pokud se smluvní strany nedohodnou jinak, je pravidlem, že poplatky nese ke své tíži ta smluvní strana, která záruky po druhé straně požaduje.

Ve stavebnictví požadují bankovní záruky převážně stavebníci na dodavatelích stavebních prací a poplatky nesou stavebníci v ceně zakázky. Banky v Česku účtují poplatek za každou poskytnutou záruku, sazbu poplatku pro velké stavební podniky určují v pásmu 0,3 až 2 % ze zaručené částky, u malých podniků v pásmu 2 až 4 % [2]. Je však překvapující, že přestože nejsou poplatky za záruky (kvůli několikaměsíční až víceleté době platnosti záruky a relativně vysokým zaručeným částkám) zanedbatelné, nemají stavebníci často zájem je ve struktuře ceny zakázky explicitně uvádět. Přitom takové rozlišování nabízí mnohé výhody:

- stavebník má okamžitý přehled, kolik za objednané ručení skutečně zaplatil;
- u stavebních podniků lze z výše poplatku odhadnout současnou bonitu podniku;
- vyčleněním poplatku jako samostatné položky se sníží a zpřehlední režijní položka ceny zakázky;
- při sjednání dodatků smlouvy o dílo či navýšení (popř. snížení) ceny díla se snadno stanoví jak změna výše záruky, tak i změna poplatku, vyjasní se vztah záruky na nové části díla, a tím se předejde sporům.

Stavebníci se o první tři výše uvedené body většinou nezajímají, poslední bod si vůbec neuvědomují. Následující text se proto zabývá poplatkem za bankovní záruku jako součástí ceny stavební zakázky.

Nabídková cena a její struktura

Dřívější právní předpisy určovaly, ve které fázi výstavby a jakou formou má dodavatel zpracovat celkové náklady stavby³⁾. V současné době nejsou obdobné postupy závazné a každý stavební dodavatel může při zpracování nabídky používat vlastní metodiku stanovení ceny.

1) Závazek ručitele je bezpodmínečný, abstrahován od smlouvy o dílo, k vyplacení záruky dochází okamžitě po předložení první výzvy, resp. bankou požadovaných formálních dokumentů.

2) Před vyplacením záruky musí předcházet předložení dokumentů, z nichž vyplývá porušení smluvních podmínek, které ručitel pečlivě ověřuje, při shledání neopodstatněnosti požadavku odmítne záruku vyplatit.

3) Posledním takto striktním předpisem byla vyhl. č. 5/1987 Sb., o dokumentaci staveb, která členila náklady do jedenácti tzv. hlav. Novější vyhl. č. 43/1990 Sb., o projektové přípravě staveb, již členění nákladů pouze doporučovala. Zrušena byla 1.7.1992 zákonem č. 262/1992 Sb., kterým se mění a doplňuje zákon č. 50/1976 Sb., o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon) ve znění zákona č. 103/1990 Sb.

Tab. 1. Struktura nabídkové ceny stanovené pomocí kalkulačního schématu

Základní položky	Zkratka	Agregované položky				
vlastní materiál	H	přímé zpracovací náklady (PZN)	přímé náklady (PN)	vlastní náklady výroby (VNV)	úplné vlastní náklady (ÚVN)	nabídková cena stavební zakázky
přímé mzdy	M					
vlastní a pronajaté stroje	S					
ostatní přímé náklady	OPN					
subdodávky	SUB	hrubé rozpětí (HR)	nepřímé náklady (NN)	krycí náklady (KN)		
výrobní režie	RV					
správní režie	RS					
zisk (ztráta)	Z					
riziko	R					

■ Kalkulační schéma

V Česku je tradiční metodou stanovení ceny zakázky kalkulační schéma⁴. Nabídková cena a její vnitřní struktura, získaná pomocí kalkulačního schématu, je uvedena v tab. 1 [4], [5]. Základní položky takto členěné nabídkové ceny zahrnují:

- vlastní materiál (H) – suroviny, materiál a polotovary včetně prvotní dopravy. Jejich spotřeba se stanoví přímo na kalkulační jednici;
- přímé mzdy (M) – mzdové náklady výrobních dělníků a posádek strojů přímo souvisejících s výkonem na kalkulační jednici;
- vlastní a pronajaté stroje (S) – výkony strojů, jejich odpisy a nájemné;
- ostatní přímé náklady (OPN) – ostatní časově rozlišené prvotní a druhotné náklady, které lze stanovit na kalkulační jednici (mimostaveništní doprava, kvalitativní a ověřovací zkoušky atp.);
- subdodávky (SUB) – práce subdodavatelů;
- výrobní režie (RV) – časově rozlišené prvotní i druhotné náklady související s řízením stavebního díla a výrobní divize. Zahrnuje činnosti, při nichž náklady nelze stanovit přímo na kalkulační jednici, ale lze je přiřadit k zakázce, například ubytování zaměstnanců, poplatky za telefon, hlídání objektu, zkoušky betonu, mzdové náklady technicko-hospodářských pracovníků na staveništi;

- správní režie (RS) – náklady související s řízením a správou stavebního podniku vznikající na vyšší organizační úrovni. Jde o fixní náklad, který určuje vedení podniku a kalkuluje se procentní přírůzkou k vlastním nákladům výroby (VNV);
- zisk (Z) – procentní přírůzka k úplným vlastním nákladům (ÚVN). Výše zisku je určena vedením stavebního podniku podle vývoje trhu a postavení podniku na trhu.

Poplatek za bankovní záruku je obvykle kalkulován jako součást výrobní režie.

■ Všeobecné podmínky a realizace dodávky

Před zpracováním nabídky je nutné se seznámit se zadávacími podmínkami soutěže a podmínkami smlouvy o dílo. Tyto podmínky obvykle přesně definují strukturu ceny zakázky, tj. předmět zakázky, podrobnost položek ceny a způsob jejich ocenění. Uchazeč o zakázku tak může nabídku rychle a přesně zpracovat, zadavatel zase obdrží nabídku oceněnou podle stejné struktury a se všemi relevantními položkami.

Některé z těchto položek, většinou nevýrobního charakteru, objednatel specifikuje ve všeobecných podmínkách dodávky (general conditions & preliminaries)⁵. Nabídková cena se pak stanoví obdobně jako kalkulačním schématem, některé položky z ostatních přímých nákladů (OPN), výrobní

Tab. 2. Struktura nabídkové ceny stanovené po rozdělení na všeobecné podmínky a realizaci dodávky

Všeobecné podmínky dodávky		Realizace dodávky									
organizační a finanční zajištění realizace dodávky	staveništní práce a zařízení staveniště	H	M	S	OPN	SUB	RV	RS	Z	R	
		PN				SUB	RV	KN			
		VNV						KN			
nabídková cena stavební zakázky											

⁴) Termín kalkulační schéma je známější jako kalkulační vzorec, ale z pohledu analytiků jde pouze o doporučenou a nezávaznou metodiku strukturování ceny.

⁵) Termín preliminaries, užívaný v britské praxi (nikoli v USA nebo v praxi FIDIC), bývá do češtiny často chybně překládán jako prelimináře. Preliminářem se však rozumí částka peněz vyčleněná v rozpočtu pro předem specifikované účely.

ní režie (RV) či strojů (S) jsou však, pro větší přehlednost a snazší kontrolu, přesunuty do položky všeobecné podmínky dodávky. Jde hlavně o náklady vyplývající:

- z finančního zajištění realizace dodávky, např. úroky, pojištění, patenty a licence, poplatky za bankovní záruky, poplatky expertního řešení sporů [1];
- ze stavebních prací dodavatele (zařízení staveniště, jeho vybavení, zpevněné plochy a přístupové cesty, jímky, provizorní můstky, objížďky, náklady na realizační dokumentaci stavby, dokumentaci skutečného provedení stavby apod.);
- z individuálních požadavků stavebníka (prostory a vybavení pro stavebníka na zařízení staveniště, služby, zkoušky apod.).

Struktura nabídkové ceny stavební zakázky stanovené po rozdělení na všeobecné podmínky a na realizaci dodávky, navržená v tab. 2, se běžně používá ve Velké Británii. Poplatek za bankovní záruku je v tomto případě součástí položky všeobecné podmínky dodávky/organizační a finanční zajištění realizace dodávky.

■ Total Bid Price

Třetí typ členění nabídkové ceny je převzat z americké stavební praxe (tab. 3). Jde opět o jistou obdobu kalkulačního schématu, kde se také stanoví přímé náklady, nepřímé náklady, režie a zisk. Z částky získané součtem těchto položek se však vypočítá další neodmyslitelná položka celkové ceny v procentech – poplatek za záruky (total bond). Důvodem pro vykazování poplatku i v takto agregované struktuře je, že američtí stavebníci přikládají zárukám velký význam a považují je především za „pojištění“ proti úpadku dodavatele. Výše zaručené částky je podle místních zvyklostí běžně 100 % ceny zakázky, proto jsou poplatky proti obdobným zakázkám v Česku až desetinásobné (0,5 až 2 % z výše zaručené částky jako v ČR; u nás stavebníci obvykle požadují ručení do 10 % ceny zakázky). Podle amerických zvyklostí je poplatek za záruku hlavní položkou ceny – total bond.

Tab. 3. Struktura nabídkové ceny podle americké stavební praxe [3]

Položka		Cena [€]	Podíl z nabídkové ceny [%]
přímé náklady	Total Direct Cost	A	–
nepřímé náklady	Total Indirect Cost	B	–
režie	Total Overhead	C	–
zisk	Total Profit	D	–
poplatky za záruky	Total Bond	% z (A+B+C+D)	–
nabídková cena	Total Bid Price	celkem	100

Poplatek jako součást ceny

V soutěži o stavební zakázku rozhoduje pouze výše nabídky. Struktura ceny, pokud jsou uchazečem oceněny všechny položky, nemá na výsledek soutěže vliv. Přesto je požadavek stavebníka na položkovou strukturu ceny zakázky důležitý. Stavebník nejenže tím chrání své zájmy, ale navíc jako vedlejší efekt:

- dává uchazečům o zakázku návod pro přesnější zpracování nabídky (kompletnost položek a metodiku ke stanovení ceny);

- tímto návodem zvyšuje transparentnost zakázek, a předchází tedy korupčnímu jednání;
- ozdravuje tržní prostředí v odvětví, neboť podporuje ekonomické zásady tvorby cen.

Jakou z uvedených struktur nabídkové ceny zakázky by měl stavebník po stavebním dodavateli požadovat? Jedním z mnoha rozhodujících faktorů by mělo být i explicitní vyjádření poplatku za bankovní záruku v ceně zakázky. Záruka je totiž pro stavebníka nástrojem získání bonitního dodavatele, pojišťovacím nástrojem proti riziku nedokončení zakázky dodavatelem i nástrojem finančního jistění proti ztrátám plynoucím z nedokončení zakázky.

Současná praxe je taková, že zadavatelé strukturu ceny v podmínkách soutěže nespecifikují, uchazeči cenu zakázky stanovují podle tradičního kalkulačního schématu a v něm poplatky za záruky zahrnou do výrobní režie. Jednání uchazečů je ovlivněno především:

- neznalostí, neschopností či nezájmem stavebníka orientovat se ve finančním a právním zajištění a v kontrole vlastní zakázky;
- mylnou představou stanovení ceny pomocí „osvědčených postupů socialistické praxe“, to platí zejména u veřejných zadavatelů;
- snahou potlačit negativní dojem, který může u neznalého zadavatele vyčíslení poplatku vyvolat (poplatek může považovat za vysoký, neefektivní a zbytečný náklad);
- neochotou stavebních podniků vyrazovat své náklady i zisky (obava z konkurence);
- neznalostí běžných tržních mechanismů.

Výrobní režie je pro zahrnutí poplatku za záruky krajně přijatelnou položkou jedině u zakázek, kde poplatky nepředstavují vysoký náklad (u drobných zakázek, u malých subdodavatelství podniků s nízkým obrátem atp.). V ostatních případech je pro stavebníka vždy výhodnější, když po stavebním podniku požaduje buď strukturu ceny se všeobecnými podmínkami dodávky, nebo s total bond. Výhoda spočívá v lepší kontrolovatelnosti rozpočtu jak stavebníkem, tak ručitelem. Nejpřehlednější strukturou pro ručitele je total bid price obsahující právě položku total bond.

Na strukturu ceny se všeobecnými podmínkami dodávky nebo total bond, používanými v zahraničí, zatím nejsou stavební podniky ani stavebníci v Česku příliš zvyklí. Změna jejich přístupu bude jistě nutná s vyšší působností zahraničních stavebníků na českém trhu, pro které jsou tyto postupy přirozené, a zahraničních stavebních podniků, od nichž lze v opačném případě očekávat oprávněné stížnosti k evropským institucím na netransparentnost zakázek.

Závěr

(a) Stavebník, který požaduje po stavebním podniku bankovní záruku, musí poplatek za tuto záruku nést ke své tíži v ceně zakázky.

(b) Záleží na stavebníkovi, zda vůbec a jakou strukturu nabídkové ceny v zadávacích podmínkách soutěže či podmínkách smlouvy o dílo vyžaduje. Ekonomické zásady pro tvorbu správné ceny stavební zakázky vyžadují vést poplatek jako jednoznačnou položku ceny.

(c) Stavebník, který rozlišování položky poplatku za bankovní záruku požaduje, získá:

- okamžitý přehled nákladu za ručení,
- odhad současné bonity dodavatele,
- snížení režijní položky ceny zakázky,
- přesněji zpracované nabídky od uchazečů.

(d) Nejvhodnější položkou pro umístění poplatku za bankovní záruky ve struktuře ceny zakázky je položka všeobecné podmínky dodávky, a především total bond.

(e) Položka Výrobní režie je pro vedení poplatku za bankovní záruky vhodná jen u drobných zakázek.

Literatura

- [1] Conditions of Contract for Construction. 1st ed. Ženeva, FIDIC 1999, 100 p.
- [2] Erben, P.: Finanční podmínky bankovních záruk v českém a americkém stavebnictví. Bankovníctví, 13, 2005, č. 5, s. 22–23.
- [3] Software pro rozpočtování stavebních zakázek HeavyBid Revision 3.1. HCSS, 2001.
- [4] Kalivodová, H.: Oceňování stavebních prací. www.callida.cz
- [5] Pivec, F. E.: Vzorový kalkulační vzorec a metodika kalkulace. www.cechrozpoctaru.cz

Erben, P.: Bank Guarantee Premium as Construction Contract Price Component

The bank guarantee is an appropriate tool for financial security improvement of the contract parties. The cost of the guarantee is not negligible, for all that neither the owners nor the contractors frequently have any interest in transparent premium differentiation in the contract price. However, the economic principles of precise pricing postulate to keep the bank guarantee premium as an explicit item of the construction contract price.

Erben, P.: Die Gebühr für eine Bankgarantie als Preisbestandteil eines Bauauftrags

Bankgarantien sind ein wirksames Instrument zur Erhöhung der Finanzsicherheit der Vertragspartner in der Bauindustrie. Die Gebühr für die Gewährung einer Bankgarantie ist nicht vernachlässigbar. Trotzdem haben oft weder die Bauherren noch die Bauauftragnehmer Interesse, diese Gebühren im Preis auszuweisen. Die wirtschaftlichen Prinzipien für die richtige Preisbildung verlangen jedoch, die Gebühr als einen expliziten Posten des Preisangebotes des Bauauftrages aufzuführen.

● zprávy

Nový terminál ruzyňského letiště

Počátkem ledna byl pro cestující otevřen nový Terminál Sever 2, který zařadí mezinárodní letiště v Praze–Ruzyni po bok Londýna, Frankfurtu či Paříže. Vysoká bezpečnost a pohodlí, moderní technologie a působivá architektura jsou hlavními klady stavby, která zvýší počet odbavených cestujících ze 6,5 na 10 mil. ročně. Projekt v hodnotě 3,2 mld. Kč provedlo sdružení firem Skanska a Strabag od prosince roku 2003 do prosince 2005.



Do budovy nového terminálu se přesune hlavní letištní vchod, jehož hala bude sloužit pro odbavení lidí cestujících do zemí Schengenské dohody. V prvním nadzemním podlaží se nachází odletová hala, ve druhém podlaží hala příletová. Stavba je koncipovaná tak, aby mohla být v příštích letech na jižní straně dále rozšířena, čímž by se kapacita letiště zvýšila až na 15 mil. odbavených osob za rok. Terminál nabízí nové konferenční místnosti a další prostory pro významné hosty, obchodníky, cestující s dětmi atd. Ve veřejném i tranzitním prostoru je dostatečný počet obchodů a stravovacích míst, stejně tak se zvýší počet i úroveň odbavovacích míst pro letecké společnosti. Ústí sem již dříve dokončený prst C, který cestující využijí k nástupu do letadel.

Střeška této v Česku svým rozsahem ojedinělé stavby má rozpon 57 m. Při výstavbě haly použili specialisté společnosti Skanska a Strabag řadu unikátních postupů. Technologické zázemí terminálu tvoří jedny z nejmodernějších dostupných zařízení, neboť investor okamžitě reagoval na současnou bezpečnostní situaci. V podzemním podlaží je umístěna třídírna zavazadel s kapacitou 20 mil. kusů ročně. Projekt pamatuje i na současné potřeby dočasného ubytování žadatelů o azyl v České republice.

Celý objekt stojí na 4 až 9 m hlubokých pilotách. Nosnou konstrukci tvoří prefabrikovaný železobetonový skelet doplněný o monolitické opěrné stěny. Jádra výtahových šachet a schodišť jsou vyzdívána keramickými bloky. Prosklené plochy odletové haly podporuje pomocná ocelová konstrukce umístěná uvnitř haly, která zajišťuje stabilitu prosklených stěn, a zejména přenáší a rozkládá tlaky působené silným větrem. Uvnitř terminálu je monumentální schodiště z příhradových trubkových konstrukcí, úniková schodiště vně budovy tvoří ocelová konstrukce. Na střešní konstrukci byly použity trojboké ocelové příhradové nosníky z trubek. Při instalaci střešní konstrukce stavbaři jednotlivě vyrobené montážní díly vazníků dopravili na místo, zde svařili a uložili na podpory.

Tisková informace



CONIBCO



Climatherm



RACIOENERGIA

4. – 8. dubna
2006

Bratislava

www.incheba.sk

Interaktivní audiální metoda Paula Pimsleura

doc. PhDr. Milan MALINOVSKÝ, CSc.
 ČVUT – Fakulta stavební
 Praha

Nezbytným předpokladem úspěšnosti stavebního inženýra je zvládnout angličtinu aktivně natolik, aby ji uměl používat jako mezinárodní jazyk odborné komunikace, nikoli pouze pro písemné vyjadřování při sestavování konferenčních příspěvků, článků, resumé, abstraktů, anotací a zpráv, anebo jen proto, aby dokázal číst odbornou literaturu. Znalost mluvené obecně odborné angličtiny je nutná k tomu, aby dokázal hovořit o své práci, vysvětlit problém, popsat průběh a výsledky pokusu nebo pozorování, vyjádřit názor, souhlas či nesouhlas, sledovat anglické mluvené projevy a domluvit se v základních společenských situacích. Příspěvek se zmiňuje o některých vyučovacích metodách jazyků a více se zaměřuje na jednu z nich, metodu Paula Pimsleura.

Úvod

Problematikou výuky cizích jazyků se lidé zabývají od nepaměti. Problémy tohoto oboru, o nichž se hovoří v současnosti, byly též známy již dříve, byly diskutovány a byly řešeny. V pedagogické literatuře se obvykle hovoří o dvou základních koncepcích vyučování cizím jazykům – syntetické a analytické.

Prioritou syntetické, jiným názvem též gramaticko-překladové metody, bylo vyučování gramatice, vědomostem o gramatice; nešlo tedy o učení se řeči, ale učení se o jazyce. Na rozdíl od metody gramaticko-překladové požaduje přímá neboli analytická metoda, aby se student cizímu jazyku učil tak, jako se dítě učí jazyku mateřskému, tzn. intuitivně. Stejně jako v rámci metody předchozí existuje i zde řada variant, z nichž stále aktuální je metoda Berlitzova.

Zatímco gramaticko-překladová metoda se orientuje příliš na formální vzdělání, přímá metoda se snaží preferovat cíle komunikativní. Obě koncepce mají – jak jinak – své zastánce i odpůrce; uvažovaly se proto další metody, které by mohly být syntézou metody syntetické a analytické. Výsledkem hledání byla metoda analyticko-syntetická, nazývaná metodou zprostředkovací nebo též metodou rozborem a nápodobou. Pracuje s indukci i dedukcí, zachovává analytický postup, který se však neděje pouze intuitivně, ale také na základě rozboru. Zprostředkovací metoda byla u nás oficiální metodou po celou první polovinu dvacátého, tedy vlastně již minulého století.

Nové trendy

Později, ruku v ruce s poválečným rozvojem mezinárodních styků, kdy vzdálenosti mezi národy již přestávaly být veliké, naléhavěji vzrůstá potřeba ústní komunikace. Hledají se opět nové metodické postupy, které by umožnily efektivněji a pokud možno v co nejkratším čase uskutečnit stále silněji se prosazující komunikativní cíle. Do centra zájmu jazykového vyučování se postupně dostává zvuková stránka jazyka, dříve – jak bylo vzpomenu – dosti opomíjená.

Ve Spojených státech amerických vedl počínaje 40. léty tento trend k metodickému směru nazývanému metodou au-

dióorální nebo též audiolingvální (sem patří jména Bloomfield, na něhož svými teoretickými pracemi navázali Fries a Lado); v poválečné Evropě vzniká metoda audiovizuální strukturně globální (populární byla především ve Francii) a metoda situační (vypracovaná A. S. Hornbyem a rozvíjená D. Jonesem, J. R. Firthem a M. A. K. Hallidayem). Na základě tohoto nového trendu výuky cizím jazykům byl například významnými americkými lingvisty během války vypracován program pro intenzivní studium jazyků Army Specialized Training Program (ASTP). Cílů ASTP bylo dosaženo a úspěch byl tak veliký, že se začalo hovořit o „nové metodě“ (New Key; tj. the new key which can open for the students the door to the world of foreign languages), nebo též „americké metodě“.

Audióorální metoda přinesla pro uskutečnění komunikativních cílů mnoho pozitivního; k jejím předním zásluhám patří, že odhalila neudržitelnost dosavadních tendencí, které pokládaly zvukovou podobu jazyka jen za doplněk cizojazyčného vyučování.

■ V diskusích o výuce cizích jazyků obvykle bývá v centru pozornosti mluvnice a její místo ve vyučování. Proti tomu jistě nelze nic namítat, protože – aspoň jak tvrdí učitelé jazyků – úspěšného zvládnutí jazyka lze dosáhnout poté, kdy student zvládl jeho mluvnici. Že opak by mohl být pravdou, o tom se většinou ani neuvažuje, neboť by to bylo v příkrém rozporu s obecně přijímaným názorem na to, jak se jazyka užívá. Je tomu tak i přesto, že je zřejmé, že normální dítě již zná základní strukturu jazyka, kterým mluví, aniž by se v tom jakkoli vzdělávalo. Například, děti znají (tzn. užívají) větný slovosled svého jazyka; znají a dovedou užívat např. pravidla stupňování adjektiv, podle kterých věta „Ten chlapec je vysoký“ se transformuje na „Ten chlapec je vyšší než já“. Než děti dosáhnou věku osmi let, mají již v mozku uložena všechna pravidla, která posléze lingvisté vtěsňají do mluvnických tabulek. Problémem je, zda něco z těchto skutečností lze aplikovat do výuky cizího jazyka.

Hlavní otázkou tedy zůstává to, o čem se málo uvažovalo a co tudíž zůstává nezodpovězeno, avšak co je v procesu cizojazyčného vyučování naprosto zásadní, a sice, jak definovat to, co se míní výrazem „znalost mluvnice“, a v čem uvědomělá znalost mluvnice může či nemůže být tomu, kdo se cizímu jazyku učí, nápomocná.

■ Počínaje sedmdesátými léty vzniká řada variant komunikativní, popřípadě komunikativně pragmatické metody, přičemž neexistují podstatné rozdíly v cílech, vyučovacích metodách nebo v didaktických materiálech používaných v cizojazyčném vyučování. Vedle osvědčených metod jsou znovu a znovu konstruovány nejrůznější studijní metody převratné, jakési supervýuky, s jejichž pomocí lze např. „zvýšit studentovu výkonnost při učení cizích jazyků až patnáctkrát“. Zdá se, že nejpravděpodobnější cestou bude vhodná kombinace metod vedoucí k základnímu cíli: naučit komunikovat v cizím jazyce. Zásadně komunikativní přístup klade důraz na potřeby a zájmy studenta. Rozhodující není látka, ale student jakožto subjekt výchovného procesu. Důležité je komunikovat, nutná je společenská přijatelnost jazykové promluvy, a nikoli správnost řeči z hlediska jazykové normy.

V závěru úvodní části uvádíme jen výčet některé další současné metody a přístupy: metoda kolektivní (Community Language Learning), „tichá“ metoda (Silent Way), Suggestopedia, přirozený přístup (Natural Approach), pohybová (též akční) metoda (Total Physical Response Approach), metoda kognitivní (Cognitive/Cognate Method), dvoujazyčná metoda (Dual-Language Method), metoda vyučování jazyku pro děti raného věku, metoda imerze (Immersion), úkolový přístup (Task Approach), Bolstein, metoda přímého zobrazení neznámého jazyka do jazyka známého, výuka on-line, progresivní způsob nahrazující lektora i učebnici, videooprogram zrychleného studia cizích jazyků (využívající rezervní možnosti lidské psychiky); oceněn v roce 1999 na pařížském sympoziu Salon de la formation continue.

Pimsleurův program

Ve druhé části příspěvku se seznámíme s jednou z komunikativních metod, která se na nejvyšších příčkách žebříčku úspěšnosti udržuje tři desítky let, s audiální metodou Pimsleurovou. Kromě učebnice řečtiny, o které bude řeč záhy, připravil Pimsleur materiály k učebnicím francouzštiny, španělštiny, němčiny, a posléze též ghanského jazyka Twi (určenou pro dobrovolníky Mírových sborů).

Samotné počátky jeho metody sahají do doby, kdy Pimsleur, zakládající člen společnosti American Council on the Teaching of Foreign Languages (ACTFL), dále člen American Association of Teachers of French (AATF), American Educational Research Association (AERA), Modern Language Association (MLA) – poté, co prováděl výzkumy v Aténách, vypracoval audiální učebnici hovorového jazyka pro samouky s názvem Speak & Read Essential Greek. Účelem bylo vytvořit program, který by ve studentovi vybudoval schopnost používat základní slovní zásobu a větné struktury cizího jazyka postupným zautomatizováním, jinými slovy, který by rozložil jazykový materiál do sérií stimulujících, zajímavých, a pokud možno i přitažlivých programů sestavených tak, aby mluvčímu angličtiny poskytl maximální dávky potřebného cizího jazyka náhradou za každou hodinu, kterou studiu jazyka věnoval.

Následovala přepracovaná a rozšířená verze, Speak & Read Essential Modern Greek, obsahující 200 nejfrekventovanějších řeckých slovíček, jež byla intenzivně procvičována metodou drilu v základních větných strukturách, což sloužilo jako vhodný úvod do řeckého jazyka pro pragmatické účely a vybudovalo základ pro další studium. Učebnice vedla studenta k tomu, aby vytvářel správné a přirozeně znějící promluvy, které by byly dostačující k tomu, aby si student poradil s naléhavými potřebami při příjezdu do Řecka: s tím, jak se zeptat na cestu, jak si objednat v restauraci jídlo, zajistit nocleh, přivolat lékaře, kudy se jde na záchod, jak komunikovat při nakupování, jak navazovat první společenské kontakty a jak stručně říct některé údaje o sobě a o své rodině. Na základě Pimsleurova kurzu tím, že byl veden k tomu, aby kombinoval jazykové jednotky, které se naučil, byl student, navzdory malé slovní zásobě, schopen produkovat širokou škálu vět.

Délka každé lekce, nazývané unit, nebyla delší než 30 minut, což je optimální doba, kterou pedagogičtí specialisté doporučují, pokud se student má na učení plně soustředit. Výzkumy ukazují, že po uplynutí této doby mozek ztrácí schopnost nové informace podržet. Současně je to i časový úsek vhodný pro jednu stranu audiokazety.

Rozvoj v uskutečňování projektu P. Pimsleura na vytváření dalších programů pro samouky postupoval plynule, i

když nikterak rychle. Ve Spojených státech totiž došlo – po dočasně zvýšeném zájmu po skončení druhé světové války – v 60. až 80. letech ke značnému poklesu zájmu veřejnosti o studium cizích jazyků. V osmdesátých letech byla ve státě Massachusetts založena firma Pimsleur International Inc., jež se vbrzku stala jedním z nejprestižnějších amerických vydavatelství jazykových poslechových kurzů a za dobu svého trvání vydala audiální kurzy několika desítek jazyků, od světových až po „malé“, jako jsou např. čeština, hebrejštiny či holandština. Pimsleur International úzce spolupracoval s francouzskou společností Centre de Recherche et d'Etude pour la Diffusion du Français (CREDIF). Vydavatelská práva Pimsleurových jazykových programů přešla před nedávnem do vlastnictví firmy Simon & Schuster Audio se sídlem v New Yorku. Metodu používají instituce, jako jsou např. AT&T Bell Labs, Boeing Commercial Airplane Group, Dupont, Eastman Kodak, General Electric, obchodní a lékařská fakulta Harvardovy univerzity, IBM, Polaroid, Princeton University, Sears Business Systems, Sony Corporation, UPS (United Parcel Service), armáda Spojených států a další.

Cílem Pimsleurovy audiální metody je vycvičit dospělé studenty k tomu, aby dosáhli zběhlosti ve schopnosti komunikovat automaticky podle jazykových a kulturních zvyklostí cílového jazyka. Přesněji to lze formulovat tak, že metoda se pokouší vyvinout jazykovou kompetenci v daném jazyce, znalosti funkce a struktury jazyka spolu s „vnitřní gramatikou“, která mluvčímu umožňuje spontánně produkovat nové (tj. nenaučené) mluvené výrazy za účelem komunikace. Jediným přijatelným důkazem toho, že této kompetenci byl student vyučován a že ji zvládl, je jeho schopnost cílovému jazyku rozumět a jím mluvit v tom smyslu, že produkuje přiměřené jazykové výměny, v nichž je zřejmé, co chce v komunikaci s rodilým mluvčím v cílovém jazyce vyjádřit. Bez ohledu na to, kolika základním větám se naučil, nezbytnou podmínkou pro komunikaci v situacích každodenního života je schopnost operativně vytvářet nové věty v souladu se strukturou cílového jazyka. To, že se naučí z paměti množství vět, je nesouměřitelné se zvládnutím gramatického systému jazyka.

U většiny metod se obvykle pracuje se třemi rozdílnými složkami – výslovností, mluvnici a slovní zásobou. Tyto složky působí jako separátní jednotky, jež nemají žádný vztah ani k mimojazykové skutečnosti, ani k jazyku jako systému komunikace. Svými výzkumy Pimsleur odhalil, že studium jazyka ve smyslu integrovaného systému, který vyžaduje, aby student slyšel, porozuměl významu i jeho použití, studentovi také přímo umožní tuto znalost použít k tomu, aby myslel a mluvil tak, aby rodilí mluvčí slyšeli a rozuměli tomu, co se říká. Vyvinul nový systém založený na dvou klíčových principech – principu anticipace (anticipation) a vědeckého principu paměti, totiž principu postupného vybavování (graduated interval recall).

■ Principu anticipace znamená, že student je vyzván, aby „anticipoval“ správnou odpověď, tzn. aby ji vynesl na povrch ze své „paměťové banky“ (memory bank) předtím, než ji uslyší z pásku. V praxi to vypadá takto:

Pásek vás osloví otázkou ve studovaném jazyce:

"Are you going to the movies tonight?"

Budete vyzváni, abyste odpověděli:

"No, I went yesterday."

Pásek pak vaši odpověď stvrdí:

"No, I went yesterday."

Než Pimsleur přišel se svým principem anticipace, jazykové kurzy bývaly založeny na principu repetice. Učitel vtlokal

slova do studentovy paměti znovu a znovu, jako by paměť byla gramofonová deska, jejíž drážky by se opakovaním prohlubovaly. Neurofyziologové naopak tvrdí, že bezduché opakování má spíše otupující až hypnotizující efekt. Posléze slova stálým opakováním zcela ztrácejí význam. Namísto toho se proces učení zrychluje, využívá-li se systému vstup/výstup (input/output), při kterém student informaci může přijmout, poté si ji vybavit a použít ji.

■ Druhý princip, postupné vybavování, vychází z teorie o paměti. Žádný jiný aspekt při studiu cizího jazyka není důležitější než otázka paměti. Při svých výzkumech Pimsleur zjistil, jak dlouho si studenti novou informaci podrží a v jakých intervalech se jim má opět připomenout. Je-li jim připomenuta příliš brzy nebo příliš pozdě, nepodaří se jim si ji zapamatovat. Proto vytvořil program, kdy a jak se má informace znovu uvést.

Představme si, že jsme se naučili nové slovo. Umíníme si, že si ho zapamatujeme. Avšak po pěti minutách už si ho nejsme schopni vybavit. Kdyby nám však bylo zopakováno během pěti sekund, pravděpodobně bychom si ho zapamatovali. Pamatovali bychom si ho asi jednu a půl minuty, během kteréžto doby bychom potřebovali, aby nám bylo opět připomenuto. S každým dalším připomenutím si slovo pamatujeme déle než předešle. Interval mezi připomenutími se stále prodlužují, až si slovo nakonec zapamatujeme, aniž by muselo být připomínáno.

Pimsleurův program je sestaven tak, aby studentovi připomněl novou informaci právě v takových intervalech, ve kterých dochází k maximální retenci: jakmile začne paměť ochabovat, student je vyzván, aby si slovo vybavil.

■ Předchozí dva principy jsou pro Pimsleurův systém zásadní, ale jsou ještě další principy, které k němu přispívají. Jeden z nich se týká slovní zásoby/nových slovíček. Všichni to známe, jak jsme ustrašeni, když se seznamujeme s cizím jazykem a uvědomujeme si nesmírný počet nových slov, která se budeme muset učít. Nicméně rozsáhlé výzkumy ukazují, že ve skutečnosti potřebujeme poměrně limitovaný počet slov, abychom mohli komunikovat v kterémkoli jazyce. Je to proto, že jazyk je rozčleněn do gramatických struktur (funkčních slov/function words) a konkrétní slovní zásoby (obsahových slov/content words). Existuje jen málo obsahových slov, které je třeba znát a používat každý den. Základní jádro jazyka zahrnují funkční slova, která mají tendenci vztahovat se k lidské činnosti.

Tuto skutečnost se snaží ve výuce jazykům aplikovat Pimsleurův tým, co nazývá organické studium (organic learning), čímž prostě míní to, že zájemce studuje na několika frontách současně. Například spíše, než by se učil časovat sloveso "to give", bude se učít užitečné fráze, jako např. "Give me it/the orange/your phone number". Později se budou procvičovat další předmětné tvary osobních zájmen, např. "Give him", "Give us" atd. Student si tak bude rozšiřovat slovní zásobu, gramatiku, a současně i výslovnost, a přitom i zvládat fráze, které jsou v každodenních životních situacích tolik potřebné.

Zde je ovšem třeba znovu si uvědomit zásadní typologickou rozdílnost jazyků. Zatímco čeština je jazyk syntetický, angličtina je typickým příkladem jazyka vysoce analytického. Český začátečník (a ostatně nejen český začátečník) se zpočátku anglicky dohovří poměrně brzy a snadno – tak lze vysvětlit rychlé šíření angličtiny po světě a skutečnost, že se ve velké části světa stala mezinárodním dorozumívacím jazykem; v každém případě nemusí myslet na gramatické rody, pádové koncovky substantiv, adjektiv atd., jak je tomu v jeho mateřštině, nebo jak to zná např. ze studia něm-

činy. Pro tuto jednoduchost svého tvarového systému se angličtina výborně hodí k vyučování metodou celých vět a souvislých textů. Je možno se jí učit, zejména na začátku, prostě jako slovíčkům a frázím, a teprve dodatečně shrnovat do pravidel to, co jsme už prakticky z anglické mluvnice poznali.

Jak už bylo několikrát řečeno, jazyk je především řeč. Paul Pimsleur byl o tom přesvědčen a vedlo ho to k tomu, že vytvořil jazykovou učebnici na páskách, protože si pokusy ověřil, že většina studentů se nejlépe cizímu jazyku učí (v lepším případě: naučí) sluchem, nikoli zrakem.

■ Práce s audiální učebnicí: kurz je zaměřen k tomu, aby studenta naučil rozumět a mluvit v základní rovině nového jazyka v co nejkratším čase. V každé půlhodině jakoby ve skutečnosti konverzuje se dvěma lidmi, přičemž užívá takový styl jazyka, kterým mluví vzdělaní rodilí mluvčí v praktických situacích každodenního života. Rozumí se samo sebou, že student na páskách slyší standardní obecný styl jazyka. Není nucen memorovat seznamy slovíček a učit se gramatickým pravidlům ani nemusí psát domácí úkoly. Místo toho ho na páskách provádí zkušený učitel jazyků v roli instruktora. Pomáhá mu s výslovností, komentuje nenáročným způsobem gramatiku, opakuje s ním dříve probrané učivo, napomáhá mu, když si nemůže vzpomenout na nějaký výraz, a postupně ho připravuje i na uvedení do jazyka psaného (který bude potřebovat například při čtení nápisů nad obchody, informačních tabulí ENTRY x EXIT, NO ADMITTANCE, NO SMOKING, jmen ulic, při čtení jídelního lístku atp.). V podstatě je to jeho soukromý učitel.

Abyste učiva každé lekce využítokovalo co nejvíce, je pochopitelně třeba vytvořit pokud možno ideální podmínky ke studiu. Kromě vhodné zvolené části dne ke studiu a klidného a tichého prostředí, kde se student může co nejintenzivněji soustředit, doporučují autoři poslouchat pásky např. při joggingu, nebo ještě lépe, v automobilu při dojíždění do zaměstnání apod. Vše, co ke studiu pomocí tohoto programu student potřebuje, je přehrávač, pásky a stručná učebnice. Pokyny, jak učebnici používat, student uslyší na páskách. Od okamžiku spuštění pásky se již nechává vést svým instruktorem. Pravidlo č. 1 zní: Hlasitě reagujte/odpovězte vždy, když vás k tomu pásek vyzve. Po každém pokynu následuje pauza, v níž má dostatek času, aby reagoval; teprve po ní uslyší správnou verzi z úst instruktora. Aktivní participace – jak myšlením, tak mluvením – je bezpodmínečnou podmínkou k úspěšnému zvládnutí kurzu, každodenní kontakt s jazykem je nutností. V každé třicetiminutové lekci je více než 80 interaktivních situací, v nichž student otázky slyší a odpovídá na ně.

Při práci s páskami nemusí mít student ani papír či pero, a nepoužívá žádné další příručky nebo slovníky. Pimsleurův systém pracuje s (jednou) částí mozku, která se jazykové výuky účastní – prostě přijímá zvuky jazyka a zpracovává je na mluvenou řeč. Kdyby se např. student snažil zapsat slova, která zrovna slyší, přerušil by tím a zpomalil proces učení, který v mozku právě probíhá. Doporučuje se, aby student nepostupoval k další lekci, pokud nezodpověděl správně 80 % otázek položených instruktorem.

Audiální učebnice desítek jazyků od albánštiny přes francouzštinu, němčinu, ruštinu, španělštinu až po svahilštinu, zpracované Pimsleurovou interaktivní metodou, jsou vydávány opakovaně ve značných nákladech již déle než čtvrt století; v současnosti jsou na internetových stránkách nabízeny tyto kurzy v 39 jazykových verzích. To je neklamným důkazem toho, že v záplavě přístupů, které současná produkce jazykových materiálů nabízí, si tato metoda vydobyla přední místo.

Literatura

[1] Malinovska, E. – Malinovsky, M.: Czech Audio Textbook. Pimsleur Language Program, 2nd edition reprint. New York, Simon & Schuster Audio 2004.

Malinovský, M.: Paul Pimsleur's Interactive Audio Method

This paper outlines foreign language teaching methods while emphasizing those following communicative aims. Further, it concentrates on P. Pimsleur's scientific method. In agreement with other linguists, P. Pimsleur proceeds from the assumption that language is, above all, speech. In his long-term research, he proved that most students learn foreign languages best by hearing.

Malinovský, M.: Die interaktive Audiomethode von Paul Pimsleur

Der Beitrag bringt eine Übersicht über die Methoden zum Unterrichten von Fremdsprachen, wobei die Betonung vor allem auf diejenigen gelegt wird, die kommunikative Ziele verfolgen. Des Weiteren richtet er sich auf die wissenschaftliche Methode von P. Pimsleur, der in Übereinstimmung mit anderen Sprachwissenschaftlern von der Überzeugung ausgeht, dass eine Sprache vor allem gesprochene Sprache ist und der durch langjährige Forschungen nachgewiesen hat, dass die meisten Studenten eine Fremdsprache am besten durch das Gehör erlernen.

● software

Archi-Students



Společnost Wienerberger, která je největším celosvětovým producentem cihel, a zároveň evropskou dvojkou ve střešních systémech, se stala zakládajícím členem prvního portálu pro studenty architektury. Oficiálně byl spuštěn v rámci veletrhu stavebních materiálů BATIMAT na počátku prosince v Paříži. Vznikl na základě iniciativy Archi-Europe, největší a nejuznávanější komunikační sítě pro architektky v Evropě.

Mezi informace, které určitě zaujmou, patří mezinárodní databáze škol architektury, studentů či podrobností o výměnných programech Erasmus. Velkým přínosem je i přehledně zpracovaný kalendář akcí v rámci Evropy a také aktuální informace o stavebním průmyslu.

Portál nabízí studentům zdarma přístup k širokému spektru témat a osobností z oblasti architektury. Server je lokalizován do šesti jazyků – němčiny, angličtiny, francouzštiny, vlámsštiny, italštiny a španělštiny. Registrovaní uživatelé mohou využít i možnosti vytvořit si stránku s vlastním profilem a prezentovat na ní informace o vlastních projektech. Mohou se rovněž zúčastnit výroční soutěže s názvem „Cena Archi-Students“, zaměřenou především na kreativitu, a upozornit tak na sebe odbornou veřejnost třeba již v začátku studia.

www.archi-students.org



Zdraví, bezpečnost, prevence a vzdělávání pracujících na stavbách

24.–29. dubna 2006, Paříž

Sedmý ročník mezinárodní výstavy zařízení a techniky pro veřejné práce, stavebnictví a průmysl vyrábějící materiály se bude konat v dubnu příštího roku na pařížském výstavišti Nord Villepinte ve Francii. Na hrubé výstavní ploše více než 350 tis. m² představí své produkty na 1 500 vystavovatelů, z nichž 75 % bude ze zahraničí, ať již jde o firmy s kompletní výrobní nabídkou, výrobce polyvalentních zařízení nebo dodavatele techniky a stavebních zařízení. Pořadatelé očekávají na 200 tis. odborných návštěvníků z celého světa.

Tradiční sektory, od zemních prací, přes sondážní a vrtné práce, zpracování materiálů, komponenty, zařízení a příslušenství, dopravu, pronájem, stavebnictví, stavbu silnic a recyklaci až k novým technologiím budou mít silné zastoupení, zdůrazněna však bude zvedací a manipulační technika, výstavba silnic a stavebnictví.

Akte Inovační žebříček opět ocení nejmodernější zařízení, techniku a služby, které vybírá porota evropských odborníků. Výsledky budou oznámeny v průběhu prvního dne veletrhu. V roce 2003 představovaly světové novinky 50 % všech inovací.

Podniky, profesní organizace z oboru výstavby, veřejných prací a průmyslu budou organizovat řadu konferencí a akcí s cílem zlepšit image profesí, které jsou neprávem podhodnocovány. Týká se to především lomů a výroby granulátů, zvedací a manipulační techniky a materiálového průmyslu.

Informace:

Active Communication
Anglická 2, 120 00 Praha 2
tel.: 222 518 587, active@telecom.cz

Věra Peterková, CSc.

STRUČNÝ TEMATICKÝ SLOVNÍK anglicko-český

ekologie a životní prostředí

2. téma – poškození životního prostředí – přírodní a technologická rizika

Damage to the Environment - Natural and Technological Hazards

accident	nehoda, havárie; úraz	damaged	zničený, poškozený, havarijní
a. awareness	uvědomování si rizika, vědomí možnosti havárie	d. environment	poškozené ŽP
a. prevention	prevence nehod, havárií	danger	nebezpečí
industrial a.	průmyslová havárie, pracovní úraz, nehoda	d. of flooding	nebezpečí povodní, záplav
nuclear a.	jaderná havárie, nehoda	d. shield	ochranný, bezpečnostní štít
oil a.	ropná havárie	dangerous	nebezpečný
accidental	náhodný	d. materials	nebezpečné materiály
a. discharge	náhodný únik, havarijní únik	deforestation	odlesňování, odlesnění
a. exposure	náhodné ozáření	defrostation	rozmrzáání, odtávání
a. radiation injury	náhodné poškození zářením	degradation	degradace, odbourávání, rozklad
a. spillage	náhodné vylití, havarijní únik	environmental d.	degradace ŽP
activity	aktivita, činnost	degraded soil	degradovaná půda
human a.	lidská činnost	degree	stupeň, rozsah, míra
affect	postihnout, ovlivnit, zasáhnout	d. of damage	stupeň poškození
affected	postižený, zasažený	deplete	vyčerpat, spotřebovat
a. areas	zasažené oblasti	depletion	vyčerpání, vyčerpávání, spotřebování
a. dispersing conditions	zhoršené rozptylové podmínky	d. of the ozone layer	řídnutí ozónové vrstvy
attention	pozornost, péče	destroy	(z)ničit, rozrušovat, rozkládat
pay a. to nuclear safety	věnovat pozornost nukleární bezpečnosti	destruction	(z)ničení, rozrušení, rozklad, destrukce
avalanche	lavina; příval; zavalit, zaplavit	d. of nature	ničení přírody
snow a., <i>syn.</i> snow slide	sněhová lavina	destructive	ničivý, rušivý, zhoubný
blast	výbuch; tlaková vlna (po explozi)	d. radiation	zničující radiace
b. of gas	výbuch plynu, plynná fáze erupce	detonate	detonovat, vybuchnout
b. wave	tlaková vlna (po explozi)	detonating	výbušný, třaskavý
breakdown	porucha, havárie; kolaps; defekt	d. gas	třaskavý plyn
b. process	proces odbourávání (látky)	detonation	výbuch, detonace
catastrophe	katastrofa, pohroma	detrimental	škodlivý
c. point	kritický bod	devastation	devastace, zpuštění, kalamita
catastrophic	katastrofální; tragický	d. area	kalamitní oblast
c. flooding	katastrofální záplava(y)	disaster	katastrofa, pohroma, neštěstí
cause	příčina, důvod; zapříčinit, způsobit, zavinit	d. damage	živelní škody, škody po živelní pohromě
c. damage	způsobit škody	natural d.	přírodní katastrofa, živelní pohroma
collision	kolize, srážka	discharge	vypouštění (tekutého) odpadu, vytékání
ship c.	srážka lodí, havárie lodí	d. of radioactive materials	vypouštění radioaktivních odpadů
consequence	následek, důsledek	dispersion	disperze, rozptyl
far-reaching c-s	dalekosáhlé následky	d. degree	stupeň disperze
considerable	značný	disruption	narušování, porušování
to a c. extent	ve značném rozsahu	d. of the ecological balance	porušování ekologické rovnováhy
crash	srážka (dopravní), havárie; havarovat, srazit se	drought	sucho, období sucha
car c.	autohavárie	d. disaster	katastrofální sucho
have a c.	havarovat	earthquake	zemětřesení

emergency	stav nouze, ohrožení	oil	ropa; olej; ropný; olejový
e. situation	havarijní situace, situace ohrožení	o. pipeline	ropovod
erosion	eroze	o. pollution	znečištění ropnými produkty
e. hazard	nebezpečí eroze	o. slick	ropná skvrna; olejová skvrna
eruption	erupce, výbuch; vypuknutí, vzplanutí	plant	továrna, podnik
volcanic e.	sopečný výbuch	industrial p.	průmyslový závod, továrna
event	událost, příhoda	poison	jed, toxická látka; otrávit, intoxikovat
unpredictable e.	nepředvídatelná, nevypočitatelná událost	poisonous	jedovatý, toxický
explosion	exploze, výbuch	probability	pravděpodobnost
extreme	extrémní, krajní	p. of an accident	pravděpodobnost nehody
e. temperatures	extrémní teploty	radiation	radiace, záření
failure	poškození, havárie, porucha	r. hazard	nebezpečí (o)záření, radiační riziko
dam f.	poškození hráze, přehrady	radioactive	radioaktivní
fallout	spad	r. contamination	radioaktivní zamoření
f-s from nuclear power plants	s. z jaderných elektráren	r. emission	emise radioaktivity
fatal	smrtelný	r. release	únik radioaktivity
f. dose	smrtelná dávka	radionuclide	radionuklid
fatality	úmrť; oběť, mrtvý	release	únik, uvolnění, vypuštění
fire	oheň, požár	r. of arsenic	únik arzenu
forest f.	lesní požár	risk	riziko, nebezpečí, ohrožení
flood	povodeň, záplava	riskiness	riskantnost, nebezpečnost
flash f.	náhlá záplava	r. assessment	vyhodnocení, posouzení rizik
gas	plyn	resistent	odolný (proti něčemu); stálý; vzdorující
g. emission	exhalace	r. to earthquake	odolný proti zemětřesení
happen	stát se, přihodit se, udát se	result	následek, důsledek
harm	škodla, poškození, újma	with disastrous r-s	s katastrofálními důsledky
harmless	neškodný	serious problem	vážný, závažný problém
heatwave	horká vlna, vlna veder	short-and long term impacts	krátkodobé a dlouhodobé dopady, vlivy
human	člověk; lidský	snowfall, syn. snowing	sněžení
h. factor	lidský faktor	snowstorm, syn. blizzard	sněhová bouře
impacted area	zasažená oblast, dotčená oblast	storm	bouře, bouřka, vichřice
irreparable	nenapravitelný, nenahraditelný	s. water	přivalová voda
irreversible	ireverzibilní, nevratný	winter and tropical s-s	zimní a tropické bouře
i. environmental change	nevratná změna ŽP	tanker accident	havárie tankeru, cisterny
kill	zabít, usmrtit	tidal	přilivový, odlivový
be killed	přijít o život, zahynout, zemřít	t. wave	příbojová vlna
landslide, syn. landslip	sesuv, sesutí půdy	tornado	tornádo, smršť
loss	ztráta; úbytek, pokles	tsunami	tsunami
l. of life	ztráty na životech	typhoon, syn. hurricane, tornado	tajfun
monitoring	monitorování, sledování	unstable, syn. instable	nestálý, nestabilní, rozkolísaný
long-term m.	dlouhodobé monitorování	u. weather	nestálé, proměnlivé počasí
negligence	nedbalost	vigorous	mohutný, silný, prudký, intenzivní
gross n.	hrubá nedbalost	v. explosion	mohutný, silný výbuch
losses due to n.	ztráty zaviněné nedbalostí	violent	prudký, silný
nuclear	jaderný, nukleární	v. storm	prudká, silná bouře
n. explosion	jaderný výbuch	v. wind	silný vítr
occurrence	událost, příhoda, případ; výskyt	volcanic	vulkanický, sopečný
		v. activity	sopečná činnost

Literatura

- [1] Europe's Environment – The Dobříš Assessment. EEA Copenhagen 1995.
 [2] Jilemnická, L. – Johnová, J. – Nivenová, R. – Peterková, V.: English Reader for Civil Engineering (Environmental Issues). Praha, ČVUT 2004.
 [3] Křivka, P. – Růžička, J.: Odborný slovník anglicko-český a česko-anglický. Ekologie a ochrana životního prostředí. Praha, Loxia 1999.

- [4] Hájková, J. a kol.: Anglicko-český a česko-anglický slovník ekologie a životního prostředí. Praha, Fontána 1998.
 [5] Fronek, J.: Anglicko-český slovník s nejnovějšími výrazy. Praha, Leda 1996.
 [6] Fronek, J.: Velký česko-anglický slovník. Praha, Leda 2000.

● zprávy

Prof. Ing. Jiří Witzany, DrSc. – 65 let



Prof. Ing. Jiří Witzany, DrSc., který se 11. dubna 2006 dožívá 65 let, patří mezi významné a uznávané odborníky v oblasti teorie a konstrukce pozemních staveb. S jeho jménem je spojena řada významných projektů, výzkumných prací, publikací i realizovaných experimentálních staveb, na kterých se autorsky podílel.

Již v době studia na Fakultě stavební se na zkrácený úvazek na Katedře konstrukcí pozemních staveb podílel na řešení odborných i pedagogických úkolů. Po absolvování v roce 1963 byl vyzván k pokračování práce na fakultě, kde po jednoroční praxi působí do současné doby.

Na přelomu šedesátých a sedmdesátých let, v rámci spolupráce s prof. K. Janů, se autorsky podílel na koncepci a konstrukčně statickém řešení vícepodlažních budov z ocelových prostorových jednotek s nosnou konstrukcí tvořenou tenkostěnnými lomenicovými profily. V Kloknerově ústavu úspěšně provedl statické a dynamické zkoušky ocelové konstrukce a následně se jako spoluautor podílel na projektech a realizaci experimentálního bytového domu v Praze a čs. výstavního pavilónu v Moskvě.

Na konci sedmdesátých a v první polovině osmdesátých let se jako spoluautor podílel na návrhu, vývoji a rozsáhlých statických a dynamických zkouškách prefabrikovaného sloupového systému s deskovou stropní konstrukcí. Dvě varianty nosného systému s rozponem 6,15 x 6,15 m a 9 x 9 m byly ověřeny ve zkušebně ve Veselí nad Lužnicí. V rámci spolupráce s prof. Janů se jako hlavní konstruktér a statik podílel na řadě výzkumných prací a projektech výškových budov, superstruktur, administrativních, školských a zdravotnických budov.

Neméně významná byla jeho spolupráce v týmu prof. V. Rojíka zaměřená na konstrukčně statickou problematiku vícepodlažních panelových konstrukcí a na řešení navazujících výzkumných úkolů. V rámci týmu se podílel na zpracování mnoha statických expertiz panelových, ale i dalších staticky náročných, zejména výškových objektů.

V první polovině sedmdesátých let uskutečnil v Kloknerově ústavu rozsáhlý výzkum statických vlastností styků prefabrikovaných betonových dílců. Následný výzkum nosných styků při cyklickém zatížení poukázal na nedostatečnou odolnost prefabrikovaných konstrukcí z hlediska těchto účinků. Na toto téma předložil v roce 1977 doktorskou dizertační práci, kterou však mohl obhájit až v roce 1991.

Od konce šedesátých až do počátku devadesátých let nepřetržitě spolupracoval s tehdejší Výzkumným ústavem pozemních staveb ve Zlíně, především s Ing. I. Stařeckým v oblasti statiky a nosných konstrukcí. Významná byla i jeho spolupráce s doc. J. Kloudou v tehdejší Výzkumném ústavu pozemního stavitelství v Ostravě na návrhu prefabrikovaného systému z prostorových a plošných dílců. V rámci této spolupráce navrhl a experimentálně ověřil suché demontovatelné styky prefabrikovaných betonových dílců.

V osmdesátých letech v rámci spolupráce s Ing. I. Stařeckým, Ing. B. Krejzarem a vývojovým pracovištěm tehdejších Pozemních staveb Olomouc a ve spolupráci s Ing. P.

Opletalem a Stavoprojektem Olomouc se podílel jako autor otevřeného deskostěnového systému na realizaci experimentálního objektu, který přinesl zásadní změnu do konstrukční a statické koncepce panelových domů. Úspěšné dynamické a dlouhodobé statické zkoušky tohoto systému na následném zkušebním objektu s rozponem 6,6 m a 7,2 m se uskutečnily za spolupráce s Katedrou stavební mechaniky a prof. J. Šejnohou. Uvedený systém byl uplatněn na několika dalších realizovaných objektech na konci osmdesátých let.

Originální způsob zajištění statické bezpečnosti výškových objektů s nosným strukobetonovým obvodovým pláštěm pomocí předpínaných ocelových stěn z tenkostěnných lomenicových profilů navrhl prof. Witzany v osmdesátých letech. Aplikace tohoto systému statického zabezpečení byla uplatněna v rámci projektu sanace experimentálního dvanáctipodlažního objektu ve spolupráci s tehdejší Stavoprojektem Ostrava a prof. J. Šejnohou.

Od roku 1994 lze sledovat jeho intenzivní spolupráci na výzkumu a monitorování nesilových vlivů a účinků na Karlův most. Na základě požadavku Magistrátu hl. m. Prahy, jako vedoucí skupiny expertů, navrhl čtyři varianty opravy mostu, z nichž jedna byla na základě oponentských posudků a rozhodnutí Technické skupiny TSK vybrána pro realizaci. Ve funkci garanta technického řešení spolupracoval s Ing. Křížkem z PÚDIS a s Projektovým ústavem Ing. arch. Šantavého na zpracování projektu a realizaci opravy schodiště z Kamy a projektu I. etapy opravy Karlova mostu. Ve spolupráci s odborníky z ČVUT, VUT Brno a MU Brno jako vedoucí řešitel grantových projektů uskutečnil rozsáhlý teoretický a experimentální výzkum a dlouhodobé monitorování Karlova mostu.

Na konci devadesátých let se jako hlavní řešitel podílel na zpracování rozsáhlé analýzy komplexní regenerace nosné konstrukce panelových soustav aplikovaných v bytové výstavbě od padesátých do konce osmdesátých let. Výsledky, publikované IC ČKAIT jsou používány pro navrhování rekonstrukcí těchto budov.

V pedagogické práci se orientoval převážně na konstrukčně statickou problematiku navrhování pozemních staveb. Učil v předmětech zaměřených na navrhování nosných systémů výškových budov, panelových budov a velkorozponových halových staveb. Od počátku devadesátých let začal přednášet předmět „Poruchy a rekonstrukce staveb“ a „Navrhování prefabrikovaných konstrukcí a systémů“. Jeho přednášky představují zásadní změnu proti dosavadnímu pojetí výuky rekonstrukcí staveb. Vnesl do této oblasti aplikace teoretických znalostí řady vědních disciplín, především statiky, stavební fyziky, nauky o materiálech, chemie a degračních procesů. I v této oblasti se podílel jako řešitel na řadě výzkumných a vědeckých úkolů, zaměřených mj. na sledování nesilových účinků a zatížení.

Jako vedoucí řešitel řady grantů a výzkumných záměrů řídil úspěšně vědeckovýzkumnou práci širokého kolektivu tvořeného odborníky z mnoha pracovišť. Teoretické poznatky publikoval ve více než 130 odborných a vědeckých pracích uveřejněných v časopisech a sbornících domácích a mezinárodních konferencí a v 7 monografiích, popř. aplikoval pro řešení aktuálních problémů praxe. Získal 16 autorských osvědčení a 2 užitné vzory. V rámci spolupráce s teh-

dejším IPS, a. s., se jako vedoucí řešitel podílel na návrhu lehké ocelové konstrukce pro jednopodlažní a dvoupodlažní střešní nástavby panelových objektů, která byla oceněna GRAND PRIX na veletrhu FOR ARCH 1999. Je autorem a spoluautorem 17 vysokoškolských učebních textů.

Profesor Witzany byl v prosinci 1989 zvolen pedagogy a studenty děkanem Fakulty stavební. Během děkanské funkce po tři následující volební období v letech 1990 až 1997 se zasadil o zásadní změny organizace fakulty, ekonomického systému, učebních plánů a významné zlepšení prostředí a vybavení fakulty. Byly vybudovány více než dvě desítky počítačových učeben, dvě nové posluchárny, nová knihovna, čítárna, studovna, zastřešeno atrium, provedena rekonstrukce hygienických zařízení, prodejna a další. Na základě jeho návrhu „Nové koncepce studia“ byly přepracovány studijní plány oborů a bylo dosaženo významného sjednocení studijních programů na fakultě. Inicivoval vznik studijních oborů „Inženýrství životního prostředí“, „Ekonomika a management“ a založil obor „Pozemní stavby a architektura“. Tyto obory jsou z hlediska zájmu uchazečů o studium na Fakultě stavební nejspěšnější a významně přispívají k její prosperitě.

Od roku 1990 vedl Katedru konstrukční fyziky budov, od roku 1992 je vedoucím Katedry konstrukce pozemních staveb. V roce 1993 byl jmenován profesorem v oblasti teorie a konstrukce pozemních staveb. Jako předseda komise pro udělování vědeckých hodností a garant oboru „Pozemní stavby“ ovlivnil významným způsobem výchovu nových vědeckých pracovníků. V roce 1992 byl zakladatelem a následně zvolen prezidentem Asociace evropských stavebních fakult, která v současné době sdružuje téměř 50 evropských univerzit s výukou stavebního inženýrství. V této funkci významně přispěl k prohloubení jejich spolupráce a k posílení prestiže pražské stavební fakulty. Na základě opakovaného zvolení, naposledy v roce 2005 u příležitosti mezinárodního sympozia AECEF v Helsinkách, ji zastává i v současné době. V roce 1992 založil a byl zvolen předsedou Nadace 17. listopadu, která finančně podporuje studenty s vynikajícími studijními výsledky ze sociálně slabších vrstev. Dosud byla poskytnuta stipendia 70 studentům v celkové částce 810 532 Kč. Z jeho iniciativy v roce 1992 začal vycházet časopis Stavební obzor.

Akademický senát ČVUT v roce 1999 zvolil prof. Witzanyho rektorem, opakovaně potom pro druhé funkční období v roce 2002. V této funkci, kterou vykonával až do počátku letošního roku, se angažoval v rozvoji ČVUT jako přední technické evropské univerzity s vysoce kvalitní vzdělávací i vědeckovýzkumnou činností. Během jeho působení bylo na

všech fakultách zavedeno strukturované studium, došlo k nárůstu počtu studentů a doktorandů, objemu vědeckovýzkumné činnosti, počtu zahraničních studentů, k rozsáhlé investiční činnosti, vybudování sportovních zařízení ČVUT a v rámci kolejí na Strahově a v Podolí, otevření Informačního a poradenského centra studentů, Vědeckého inkubátoru ČVUT, získány a rekonstruovány objekty v Kladně a Telči atd. Výsledkem jeho úsilí bylo mj. založení tří celoškolských výzkumných center, založení Fakulty biomedicínského inženýrství, v roce 2005 ve spolupráci s VŠE zahájení studia „Komerční inženýrství a podnikání“ a předložení návrhu AS ČVUT na vznik Fakulty komerčního inženýrství a rozvoje území a zahájeny, za podpory Fondu rozvoje MŠMT, práce na vzniku Fakulty aplikovaných a přírodních věd. Významným opatřením je poskytování mimořádných příspěvků mladým pracovníkům do 35 let a pracovníkům, kteří dosáhli velmi dobrých výsledků ve výzkumu, a mimořádné finanční podpory vynikajícím výzkumným týmům z Fondu rektora v celkové částce více než 56 mil. Kč. Došlo k nárůstu průměrných mezd akademických pracovníků až o téměř 60 %, k navázání řady kontaktů a několika desítek smluv o spolupráci s mnoha zahraničními univerzitami a vědeckými pracovišti.

I přes enormní nasazení při řízení školy profesor Witzany aktivně pracuje ve vědeckovýzkumné, teoretické i experimentální oblasti a své poznatky vkládá do monografií a publikací tuzemských i zahraničních odborných časopisů, příspěvků na konferencích, symposiích apod. Je zakládajícím členem komory Autorizovaných inženýrů a techniků činných ve stavebnictví a působil mnoho let v jejím představenstvu. Po dobu čtyř let působil ve funkci místopředsedy České konference rektorů. Je členem několika redakčních rad odborných časopisů (vč. zahraničního), vědeckých rad, Akademického sněmu AV ČR, dozorčí rady grantové agentury AV ČR, poradního týmu ministryně MŠMT ČR a dalších.

Jeho mimořádný přínos pedagogickému a vědeckému rozvoji Českého vysokého učení technického a jeho Fakulty stavební byl oceněn řadou uznání, mj. Zlatou Felbrovou medailí, Zlatou medailí ČVUT a Medailí I. stupně MŠMT ČR. Je uznáván v akademické a stavební veřejnosti jako přední a významná osobnost.

Do dalších let přejí jubilantovi jeho spolupracovníci mnoho zdraví, pohody a dalších pracovních úspěchů.

*doc. Ing. Václav Brabec, CSc.
Ing. František Kulhánek, CSc.*

Ústav teoretické a aplikované mechaniky Akademie věd ČR

pořádá

7. konferenci Evropské komise "SAUVEUR"

Zachráněné kulturní dědictví – záruka porozumění a života v rozšířené Evropě

31. května – 3. června 2006, Reprezentační prostory Pražského hradu

Cílem konference je konsolidace a zhodnocení dopadů výsledků evropských výzkumných projektů v oblasti movitého a nemovitého kulturního dědictví. Konference bude speciálně zaměřena na využití výsledků výzkumu kulturního dědictví a prověření ochoty uživatelů, malých a středních podniků, vlastníků, manažerů, restaurátorů a konzervátorů kulturního dědictví akceptovat nové technologie a nové trvale udržitelné přístupy k ochraně památek.

www.arcchip.cz/ec-conference

● recenze

Brindle, S.

Brunel – the man who built the world

Weidenfeld and Nicolson, London, 2005, 287 s., 25 GBP, ISBN 0-297-84408-3

Když v Anglii v roce 2003 volili největšího Brita historie, objevilo se na druhém místě (hned za nedostižným Churchillem) jméno Isambard Kingdom Brunel. Nyní se v knize S. Brindla můžeme dozvědět, proč tomu tak bylo.

I. K. Brunel pocházel z rodiny vynálezce a stavitele Marca Brunela, který, původem Francouz, žil v USA a později v Anglii a zabýval se vším možným od výroby bot pro armádu, dlaždiček, stavbou mechanizovaných pil na dřevo, vrtáním dělových hlavních až po první tunel pod Temží. Mladý Brunel dostal elitní vzdělání na technickém lyceu ve Francii, ale již od svých šestnácti let pracoval s otcem a v mnohstranné praxi rozvíjel svůj talent. V devatenácti letech se v roce 1825 stal hlavním stavbyvedoucím při ražení tunelu pod Temží, kde jeho otec vypracoval zcela původní metodu razicího štítu s 36 pozicemi ručně pracujících tunelářů. Tunel vedený mělce pod vodou několikrát zaplavila voda a bahno a Brunel taktak při jednom závalu unikl smrti. Stavba byla několikrát pro finanční obtíže přerušena a jejího dokončení se otec Marc Brunel nedožil. Tunel byl pro provoz otevřen teprve v roce 1843 a je zajímavé, že po úpravách v něm nyní stále jezdí linka metra East London (úsek mezi Rotherhite a Wappingem).

V dlouhých přestávkách při stavbě tunelu se I. Brunel věnoval návrhům mostů a stavbě železnice Londýn – Bristol (Great Western Railway, GWR). Řetězový Clifton Bridge přes hluboké údolí řeky Avon u Bristolu navrhl s tehdy rekordním rozpětím 1 180 stop. Projekt nebyl schválen tehdejší nejvyšší autoritou lordem Telfordem, ale druhý návrh s rovněž dosud nepostaveným rozpětím 630 stop již byl realizován a most dodnes stojí. I jeho stavba se protáhla na dlouhé období 1836–1864. Poznamenejme, že Clifton Bridge při dokončení překonal Telfordův Menai Bridge (1826) o 30 stop a byl prvním mostem, který kromě železných řetězů měl z tohoto materiálu i mostovku.

Na trase GWR navrhl Brunel desítky kamenných, zděných a dřevěných mostů. Začala také doba mostů litinových. Největší úspěchy však měl Brunel s tehdy novým materiálem, svárkovým železem. Železniční mosty Windsor (1846, 200 stop, příhradový oblouk) a Saltash (1855, 465 stop, příhradový oblouk s parabolickými pásy) vzbudily údiv a spolu se Stevensonovým mostem Britannia (1850, 4 x 460 stop, komorové prosté nosníky) představovaly vrchol mostního

stavitelství té doby. K mostům zcela samozřejmě patřily i stavby nádražních hal, z nichž železné haly Paddingtonské nádraží stojí dodnes.

Stavba železnice z Londýna do Bristolu inspirovala Brunela k myšlence prodloužit GWR až za moře prostřednictvím lodní dopravy. Tehdejší lodi využívaly parní stroj jen k pohonu kolesových parníků příbřežní dopravy, protože se soudilo, že loď neuveze potřebnou zásobu uhlí na transoceanickou plavbu. Brunel teoreticky prokázal opak a postupně postavil trojici lodí – Great Western, Great Britain a Great Eastern, které byly schopny plavby přes moře a poháněl je parní stroj. První loď měla ještě dřevěný trup, další již byly ze železa a měly i novinku, lodní šroub. Zejména Great Eastern s délkou 629 stop a výtakem 27 000 t překonala vše, co dosud bylo v lodním stavitelství dosaženo, a zůstala 49 let nepřekonána co do rozměru. Její stroje však byly slabé, a tak kromě osmileté služby při pokládání podmořských kabelů bylo využití lodi problematické a stala se ekonomickým fiaskem. To ostatně nebylo Brunelům cizí. Otec Brunel byl na vrcholu slávy uvržen do vězení pro dlužníky, z něhož ho vysvobodil až „železný vévoda“ Wellington. Isambard, který svým projektům věřil natolik, že do nich vždy investoval i vlastní majetek, utrpěl také několik nezdarů, např. s širokorozchodnou železnicí, nevhodnými lokomotivami (kde nemohl soupeřit se Stevensonem), „atmosférickými“ vlaky poháněnými vakuem atd.

Brunel zemřel 15.9.1859 jako třiapadesátiletý. Jeho zdraví bylo ořeseno soustavným pracovním přetížením a řadou vážných úrazů, ke kterým přišel zejména při stavbě tunelu pod Temží.

Když se autor knihy ptá, proč I. K. Brunela Britové považují za největšího inženýra v historii, odpovídá si tím, že Brunel obsáhl na špičkové úrovni osm oborů – geodezii, stavební a strojní inženýrství, teorii konstrukcí, architekturu, lodní stavitelství, management a investování. Takže, až se bude 9. 4. slavít dvousetleté výročí narození tohoto velkého stavitele, budeme moci i my vzpomenout jeho přínosu pro technický rozvoj třeba právě pročtením doporučené knihy, která je opatřena skvělými dobovými ilustracemi a vrací nás do doby, která inženýry obdivovala.

J. Studnička

IFH/Intherm 2006

5. – 8. dubna 2006

Norimberk

Šestnáctý veletrh IFH se prezentuje jako informativní a inovační akce v oborech sanitární techniky, klimatizace/větrání, zařízení budov a obnovitelné energie. Tento regionální veletrh na jihu Německa s komplexní nabídkou pro řemesla SHK zaznamenává největší počet vystavovatelů i nejrozsáhlejší výstavní plochu. Odborný svaz pro sanitární techniku – topení – klimatizaci Duryňsko se tak stal jedním z nositelů veletrhu.

www.ifh-intherm.de
www.expocons.cz

STAVEBNÍ OBZOR

ROČNÍK 15 ČÍSLO 04/2006

Navigace v dokumentu

OBSAH

Pražák, A. Obchodní centrum Chodov – ocelové konstrukce	97
Krejčí, A. Modernizace a oprava vodní elektrárny Přelouč	100
Holický, M. – Jung, K. Hodnocení a optimalizace rizik silničních tunelů	103
Lembák, M. – Václavík, V. Proces porušení betonů při dostředném namáhání v tlaku a tahu	110
Tesárek, P. – Jiříčková, M. – Černý, R. – Rovnaníková, P. Mechanické, tepelné a vlhkostní vlastnosti energosádry modifikované plastifikátory	114
Forstová, K. – Němeček, J. Využití mikroskopu atomových sil při studiu cementových kompozitů	118
Janoušková, L. – Čápová, D. Oceňování zemních prací	123
Hromada, E. – Kadlčáková, A. Test kompetentnosti expertů	125

& • 2006

ročník 15

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

Pražák, A.	Obchodní centrum Chodov – ocelové konstrukce 97
Krejčí, A.	Modernizace a oprava vodní elektrárny Přelouč 100
Holický, M. – Jung, K.	Hodnocení a optimalizace rizik silničních tunelů 103
Lembák, M. – Václavík, V.	Proces porušení betonů při dostředném namáhání v tlaku a tahu 110
Tesárek, P. – Jiříčková, M. – Černý, R. – Rovnaníková, P.	Mechanické, tepelné a vlhkostní vlastnosti energosádry modifikované plastifikátory 114
Forstová, K. – Němeček, J.	Využití mikroskopu atomových sil při studiu cementových kompozitů 118
Janoušková, L. – Čáповá, D.	Oceňování zemních prací 123
Hromada, E. – Kadlčáková, A.	Test kompetentnosti expertů 125

CONTENT

Pražák, A.	Chodov Commercial Centre – Steel Structures 97
Krejčí, A.	Modernization and Repair of Přelouč Hydroelectric Power Plant 100
Holický, M. – Jung, K.	Risk Assessment and Optimization of Road Tunnels 103
Lembák, M. – Václavík, V.	Process of Failure of Concrete under Concentric Compressive Stress and Tension 110
Tesárek, P. – Jiříčková, M. – Černý, R. – Rovnaníková, P.	Mechanical, Thermal and Hygric Properties of FGD Gypsum Modified by Plasticizers 114
Forstová, K. – Němeček, J.	The Use of the Atomic Forces Microscope for Investigation of Cement Composites 118
Janoušková, L. – Čáповá, D.	Costing of Earthworks 123
Hromada, E. – Kadlčáková, A.	Test of Competence of Experts 125

INHALT

Pražák, A.	Einkaufszentrum Chodov – Stahlkonstruktionen 97
Krejčí, A.	Modernisierung und Reparatur des Wasserkraftwerks Přelouč 100
Holický, M. – Jung, K.	Bewertung und Optimierung der Risiken von Straßentunneln 103
Lembák, M. – Václavík, V.	Der Prozess der Beschädigung von Betonen bei mittlerer Zug- und Drucklängskraft 110
Tesárek, P. – Jiříčková, M. – Černý, R. – Rovnaníková, P.	Mechanische, wärme- und feuchtigkeitstechnische Eigenschaften von mit Plastifikatoren modifiziertem REA-Gips 114
Forstová, K. – Němeček, J.	Nutzung eines Atomkraftmikroskops (AFM) zum Studium von Zementkomposita 118
Janoušková, L. – Čáповá, D.	Bewertung von Erdarbeiten 123
Hromada, E. – Kadlčáková, A.	Kompetenztest für Experten 125

REDAKČNÍ RADA**Předseda:**

prof. Ing. Jiří STUDNIČKA, DrSc.

Místopředseda:

doc. Ing. Alois MATERNA, CSc.

Členové:

doc. Ing. Pavel HÁNEK, CSc.

doc. Ing. Vladimír JELÍNEK, CSc.

Ing. Jiří KALA, Ph. D.

Ing. Jana KORYTÁROVÁ, Ph. D.

Ing. Karel KUBEČKA

doc. Ing. Ladislav LAMBOJ, CSc.

doc. Ing. Ivan MOUDRÝ, CSc.

doc. Ing. Jaroslav NOVÁK, CSc.

doc. Ing. Luděk NOVÁK, CSc.

doc. Ing. Miloslav PAVLÍK, CSc.

prof. Ing. J. PROCHÁZKA, CSc.

Ing. Vlastimil ROJÍK

Ing. Karel SVOBODA

doc. Dr. Ing. Miloslav ŠLEZINGR

Ing. Milan ŠMAK, Ph. D.

Ing. Ludvík VÉBR, CSc.

doc. Ing. Josef VITÁSEK, CSc.

prof. Ing. Jiří WITZANY, DrSc.

Ing. Renata ZDAŘILOVÁ

STAVEBNÍ OBZOR, odborný měsíčník, vydává Fakulta stavební ČVUT Praha společně s Fakultou stavební VUT Brno, Fakultou stavební VŠB TU Ostrava, Českou komorou autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě a Českým svazem stavebních inženýrů. Řídí redakční rada, vedoucí redaktorka Marcela Klímová. Adresa redakce: Thákurova 7, 166 29 Praha 6, tel./fax: 224 354 596, klimova@fsv.cvut.cz, http://www.fsv.cvut.cz/obzor. Vychází každý měsíc kromě července a srpna, cena za výtisk je 40 Kč včetně DPH (+ poštovné a balné). Objednávky odběru i reklamace přijímá Ing. Milan Gattringer, MG DTP, Borovanská 3388, 143 00 Praha 4, tel./fax: 241 770 220, e-mail: mgdtp@volny.cz. Odběr je možné zrušit až po vyčerpání zaplaceného předplatného. Inzerce adresujte redakci. Technická redakce a realizace: Ing. Milan Gattringer. Podávání novinových zásilek povoleno Ředitelstvím pošt Praha, č. j. NP 144/1994, ze dne 21. 10. 1994. Do sazby 15. 3. 2006. Nevyžádané rukopisy se nevracejí.

INDEX 47 755, ISSN 1210-4027

Obchodní centrum Chodov – ocelové konstrukce

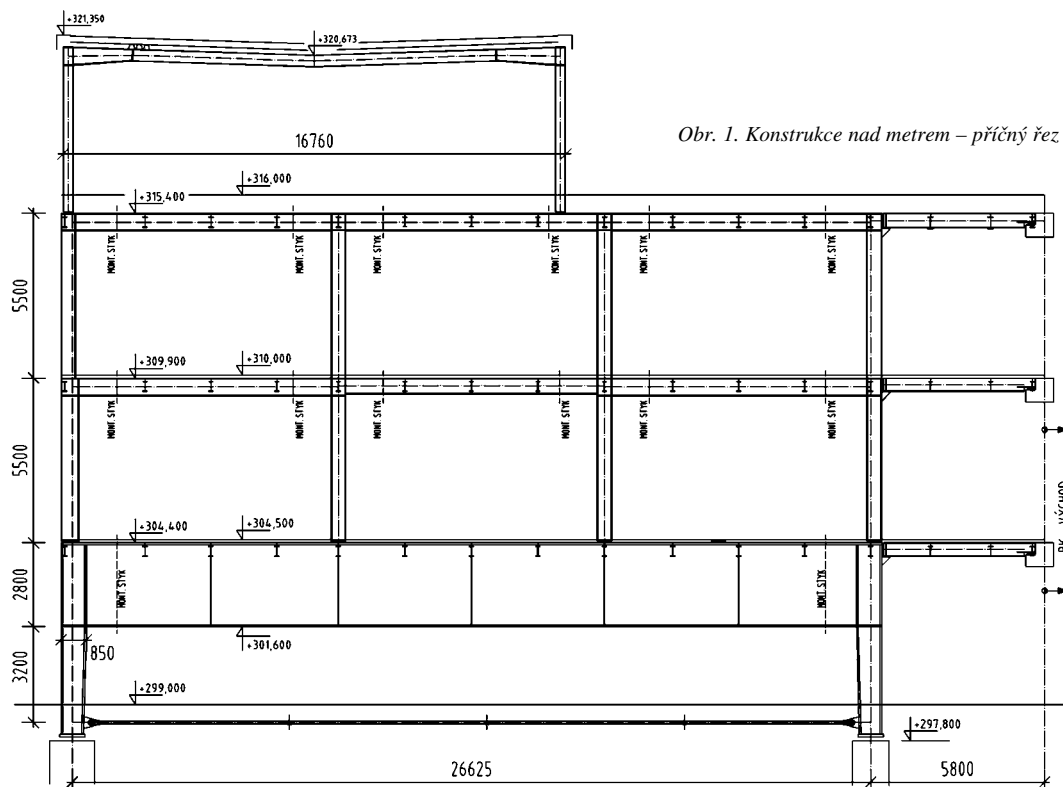
Ing. Aleš PRAŽÁK
HELIKA, a. s.
Praha

Čtyřpodlažní obchodní galerie Centra Chodov se rozkládá na zastavěné ploše cca 40 tis. m². Z vnějšího pohledu je tvořena dvěma hlavními celky po obou stranách Roztylské ulice. Tyto celky jsou vzájemně propojeny přemostěním.

V listopadu 2005 došlo v oblasti realizace staveb k významné události. Stavba v pražských Roztylech zaujme rozsahem, který s sebou přináší několik prvenství. Jedním z nich je množství použité oceli jako jednoho z hlavních materiálů nosné konstrukce. Pro její realizaci byly použity v různých částech různé technologie. Podle podmínek to byly konstrukce betonové monolitické, montované i předpínané, a rovněž pak konstrukce ocelové. Ty tvoří asi čtvrtinu objemu nosných konstrukcí, přesto však jde o nebývalé použití tohoto materiálu pro tento typ stavby. Celková hmotnost oceli v hlavních nosných konstrukcích je přibližně 4 000 t, a to převážně pevnostní třídy S355.

Ocelové konstrukce objektu jsou rozděleny do osmi částí. Přibližně 1 000 t oceli je rozděleno v šesti samostatných celcích. Jsou to jednak konstrukce věží, které vyrůstají z hloubi objektu nad střechu, a dále halové objekty pro technologii i komerční využití umístěné na střeše. Konstrukce těchto celků mají hmotnost od 50 do 300 t. Důvody použití lehké ocelové konstrukce byly nejen technické, ale i ekonomické. Smyslem aplikace ocelové konstrukce byla zejména snaha o vylehčení částí objektu s cílem snížit zatížení betonových konstrukcí nižších podlaží. Volbu materiálu ovlivnil také charakter a uspořádání prvků konstrukce v dotčených částech. V důsledku rozmanité dispozice vnitřních prostor centra je prostorové uspořádání konstrukčního systému jednotlivých pater odlišné. Bylo tedy nutné minimalizovat účinky zatížení obzvláště v místech, kde sloupy nejvyššího podlaží vynášejí průvlaky.

Větší část objemu oceli je ovšem soustředěna ve dvou rozsáhlých celcích. Jsou to konstrukce přemostění Roztylské ulice a konstrukce nad tubusem metra. V prvním případě jde o překlenutí čtyřproudové komunikace dvěma podlažími obchodních jednotek a střechou, která je částečně osazena zelení a částečně plní funkci parkoviště (obr. 2, obr. 3).

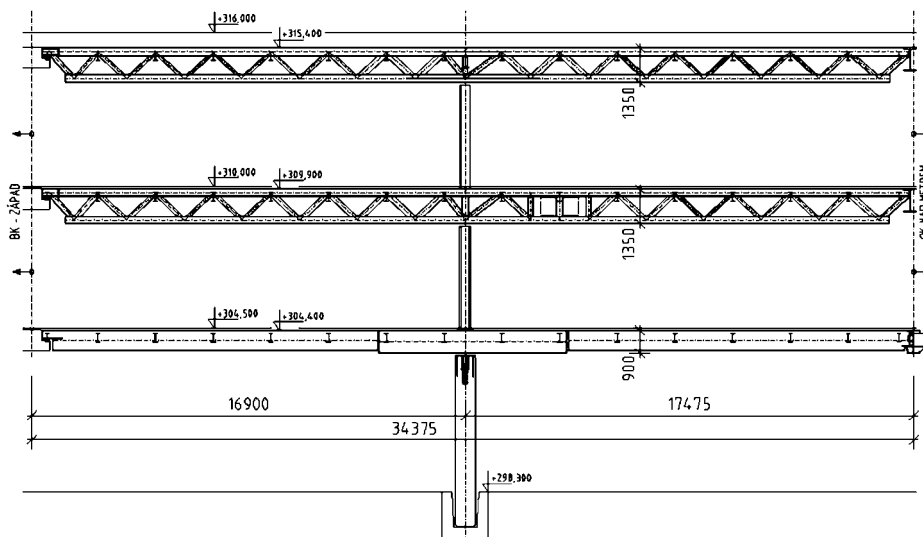


Obr. 1. Konstrukce nad metrem – příčný řez

Konstrukce stropů zahrnují téměř 1 000 t oceli. Ta se skládá z příhradových vazníků, které působí jako spojité o dvou polích – 2 x 17 m. Střední podporu tvoří betonové sloupy osazené do dělicího pruhu Roztylské ulice. Přemostění je tedy v příčném řezu široké 34 m a dosahuje délky 85 m. Vazníky nesou stropní desky vybetonované do trapézového plechu neseného ocelovými stropnicemi. Použity jsou ocelové válcované profily řady IPE pro stropnice, pásy příhradových vazníků jsou z profilů HEM. Nízká statická výška vazníků vede k významnému vlivu ohybových momentů ve styčnicích na napětí v pásech.

Pro dosažení vyšší světlosti výšky obchodních prostor jsou stropnice zapuštěny pod horní líc horních pásů hlavních příhradových nosníků. Deska je v důsledku toho rozdělena na pruhy teoretické šířky 7,2 m, což je typická modulová vzdálenost vazníků.

Největší objem oceli, více než 2 000 t, tvoří konstrukci nad tubusem metra. Podél Roztylské ulice probíhá v relativně malé hloubce pod povrchem trasa metra C. Jedním z úkolů projektu bylo její překlenutí a založení objektu mimo její ochrannou zónu. Rozměry tubusu spolu s ochrannými pruhy vyvolaly potřebu překlenutí rozpětí bezmála 27 m při vynesení plně zatížených tří podlaží obchodních a technologických prostor včetně trávníku na střeše. Z možných variant se nakonec v daných podmínkách jako nejvhodnější ukázala koncepce sestávající v nejnižším podlaží z masivního dvoukloubového rámu s táhlem, který překračuje dané rozpětí. Na tento rám je pak osazen dvoupodlažní skelet o třech polích (obr. 1). Takto koncipovaná příčná vazba se v různých modifikacích dvacetkrát opakuje a spolu se stropními deskami vzniká celek dlouhý 150 m. Na jižním a severním konci jsou pak ještě na střeše dva objekty techno-



Obr. 2. Konstrukce přemostění – příčný řez

Průhyby jsou eliminovány nadvýšením vazníků ve výrobě. Nadvýšení je použito nejen pro dodržení limitů průhybu, ale také pro vyloučení nežádoucího přitížení vazníků provedením stropní desky ve větší než projektované tloušťce (rybníkový efekt při betonáži). V nejnižší úrovni přemostění jsou pro zajištění průjezdného profilu prostoru příhradové vazníky nahrazeny plnostěnnými svařovanými nosníky. Ty jsou svařeny z plechů tl. 40, popř. 60 mm.

Ocelová konstrukce je na železobetonový skelet západní části uložena pomocí kluzných ložisek ve skladbě elastomer/teflonová vrstva/nerezový plech. Tím je zajištěn dostatečný pohyb na dilatační spáře při minimální silové interakci v horizontálním směru. Uložení na střední podpoře je řešeno pomocí plechu zbrošeného do čochky. Za zmínku stojí konstrukční úprava zhlaví betonového sloupu, v němž je pro přenos velkých sil z oceli do betonu osazena ocelová deska s navařeným profilem HEB vetknutým společně řadou prutů betonářské výztuže do dřívku sloupu. Na východním konci pak stropy navazují na konstrukci nad metrem.

Hlavní příhradové nosníky byly vyrobeny ze dvou dílců. Jeden dílec byl pak při montáži ukládán na konstrukci nad metrem a na čochku ve zhlaví střední podpory – betonového sloupu v Roztylské ulici. Druhý dílec byl osazen na přesahující konec dílce prvního a na opačném konci na konzolu betonové konstrukce s ložiskem. Takřka bezprostředně po kompletaci hlavního nosníku byly osazeny stropnice. Všechny části konstrukce přemostění byly při montáži šroubovány.

logických nástaveb, zahrnující i jednu z nejvíce zatížených technologických plošin pro osazení technologie vzducho-techniky.

Rám je proveden ze svařovaných profilů I. Mohutná příčel výšky 2,8 m má pásnice z plechů tl. 60 mm, ojedinele i 80 mm. Sloupy jsou rovněž svařované z plechů obdobných tloušťek. Vodorovné reakce v patě sloupů zachycují táhla probíhající pod podlahou parkingu v přízemí. Dvoupodlažní skelet horních podlaží je z válcovaných profilů H doplněných profily svařovanými. Na základě požadavku přerušení vedení akustických vibrací generovaných provozem metra



Obr. 3. Přemostění a ocelová konstrukce nad metrem



Obr. 4. Ocelová konstrukce nad metrem – příčný řez

jsou stojky horního skeletu uloženy do vaniček vyložených izolátorem (obr. 5). Tento detail je proveden tak, že nedochází ke kontaktu ocel–ocel. Obdobným způsobem je provedeno osazení příhradových vazníků přemostění. Navazující stropní desky jsou řešeny výše popsaným způsobem.

Pro splnění požadavku na uvolnění dispozice vnitřních prostor je tuhost příčné vazby zajištěna rámovým účinkem. Ve směru podélném pak kombinací rámového účinku, diagonálního ztužení a opřením o betonovou konstrukci východní části.



Obr. 5. Uložení sloupu horního skeletu do vaničky

Uložení horního skeletu do vaniček definovalo základní dělení konstrukce pro výrobu a montáž. Rámy horního skeletu byly dále děleny na sloupy a příčle, které byly spolu se stropnicemi šroubovány. Rám v přízemí byl dělen na sloupy se zárodkem příčle a vlastní příčel. Montážní styk příčle a sloupů je svařovaný (obr. 4). Provedení montážního tupého svaru částí příčle tl. 30 až 80 mm trvalo tři až čtyři dny. Tyto svary byly v tažených částech průřezu defektoskopicky kontrolovány.

Mezi příčnými vazbami a betonovou konstrukcí východní části je vloženo cca šestimetrové pole. Tvoří jej betonové desky v trapezovém plechu nesené ocelovými nosníky v kla-

sickém uspořádání stropnice–průvlak. Průvlaky tohoto pole jsou uloženy na betonovou konstrukci pomocí prostých elastomerových ložisek. Pod stropní konstrukcí je prostor pro vedení tras vnitřních technických rozvodů napříč budovou.

Řešení protipožární ochrany je kombinované. Požadavky na požární odolnost konstrukcí byly většinou 30 minut, v některých prostorách až 45 minut. Použity byly nátěry, v nedostupných prostorách a v prostorách s vyššími požadavky protipožární obklady.

Oba konstrukční celky jsou založeny na pilotách. Charakter základových půd v kombinaci s hodnotami reakcí vedly na hlubinné založení. V případě metra bylo rovněž nutné splnit přísné a omezující kritérium sedání. Výsledkem byly piloty \varnothing 1 200, popř. 1 500 mm sahající do hloubky místy až 25 m.

Co říci závěrem? Lze snad litovat, že většina popsaných konstrukcí je oku návštěvníka skryta. Zároveň je však nutné si uvědomit, že architektonický koncept byl jiný, nezakládal se na příznané ocelové konstrukci. Ta byla uplatněna v těch částech centra, kde k tomu byly technické důvody. Samozřejmě byla uplatněna i hlediska ekonomická. Ukázalo se, že i u tohoto typu stavby je aplikace oceli jako materiálu hlavní nosné konstrukce na místě.

Pražák, A.: Chodov Commercial Centre – Steel Structures

In November 2005, a significant event in the field of building construction took place, the Chodov commercial centre was opened. This four-storey trade gallery is situated in Prague, in a built-up area approx. 40,000 m² large. Viewed from the outside, it consists of two main complexes on both sides of Rožtylská Street. These complexes are interconnected by means of bridging.

Pražák, A.: Einkaufszentrum Chodov – Stahlkonstruktionen

Im November 2005 kam es zu einem bedeutenden Ereignis im Bereich der Realisierung von Bauten, welches die Eröffnung des Einkaufszentrums Chodov war. Die viergeschossige Ladengalerie erstreckt sich in Prag auf einer bebauten Fläche von ca. 40.000 m². Von der äußeren Ansicht her wird sie von zwei Komplexen zu beiden Seiten der Rožtylská-Straße gebildet. Diese Komplexe sind miteinander durch eine Überbrückung verbunden.

light+building

mezinárodní veletrh

23. – 27s. dubna 2006

Frankfurt nad Mohanem

www.messefrankfurt.com

Modernizace a oprava vodní elektrárny Přelouč

Ing. Alois KREJČÍ

HYDROPOL – Project & Management
Praha

Příspěvek obsahuje charakteristiku původní elektrárny, jejíž soustrojí pracovala tři čtvrtě století, a projektu modernizace, spočívající jednak v nahrazení dvou původních Francisových turbín novými Kaplanovými, jednak v modernizaci regulace a ovládání celé elektrárny. Další variantně plánovaná etapa modernizace vodní elektrárny bude záviset na zatím nedořešené rekonstrukci plavební cesty na Labi v oblasti Přelouče.

Vodní elektrárna Přelouč je součástí vodního díla tvořeného komplexem objektů zřezadla Přelouč, tj. jezem, plavební komorou a budovou vodní elektrárny. Jde o na svou dobu jedinečnou průtočnou říční elektrárnu zpracovávající přirozené průtoky řeky Labe. Ve strojovně jsou od roku 1927 instalována čtyři soustrojí s vertikálními kašnovými Francisovými turbínami. Původní realizace byla svěřena firmě Jos. Prokop & synové, Pardubice. Pro tuto firmu to byla prestižní zakázka, ale zároveň výzva zařadit se mezi velké turbínářské firmy Voith a ČKD, které v tu dobu zaujímaly dominantní místo v oboru tehdejší Československé republiky. Proto přípravě koncepce elektrárny i samotného soustrojí byla věnována velká pozornost a do vývoje zařízení byly investovány nemalé prostředky. Stavba a uvedení elektrárny do provozu proběhlo bez překvapení a o to příjemnější bylo zjištění, že svými parametry předčila očekávání a dosáhla vyššího výkonu a vyšší účinnosti turbín, než se předpokládalo. Právě touto realizací se firma Jos. Prokop & synové, Pardubice etablovala na turbínářském trhu, a zároveň měla referenční stavbu v blízkosti svého sídla a svých výrobních kapacit.



Obr. 1. Čistící stroj čestlic

Původní zařízení elektrárny tvořily čtyři Francisovy turbíny s celkovým instalovaným výkonem 1,75 MW, přičemž tři větší jsou stejné o hltnosti $24 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$, výkonu 490 kW, otáčkách 43 min^{-1} ; čtvrtá je menší o hltnosti $13 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$, výkonu 280 kW, otáčkách 54 min^{-1} (tab. 1). Turbíny jsou přes kuželovou převodovku spojeny s třífázovým synchronním vysokonapěťovým generátorem. Výkon z elektrárny je vyveden na úrovni 6 kV a dále přes dva transformátory do sítě 35 kV.

Ovládání všech Francisových turbín je hydraulickým regulátorem otáček Voit s mechanickým roztěžníkem (tab. 2). Čerpadlo regulačního oleje je poháněno plochým řemenem od hřídele turbíny. Otáčky turbíny jsou na otáčky generátoru (tab. 3) převáděny kuželovou převodovkou s převodovým soukolím do rychla. Převodový poměr k pastorku je 1 : 9,25 (velké turbíny), 1 : 8,72 (malá turbína) šroubové ozubení.

Tab. 1. Parametry původních Francisových turbín

Ukazatel	TG 2, TG 3, TG 4:	TG 1
průměr oběžného kola [mm]	$D_{ok} = 3\,150$	2 280
směr točení	vpravo	vpravo
návrhový spád [m]	$H_n = 2,85$	3,00
maximální spád [m]	$H_{max} = 3,10$	3,01
minimální spád [m]	$H_{min} = 1,80$	1,80
návrhový průtok [m^3/s]	$Q_n = 24,0$	13,00
přehlcení (při spádu) [m^3/s]	$Q_{max} = 26,95$ (3,9 m)	14,24 (3,9 m)
návrhový výkon na spojce [kW]	$P_m = 490$	280
maximální výkon na spojce [kW]	$P_{tmax} = 670$	340
návrhové otáčky [ot./min.]	$n = 43$	54
rozdávěcí lopaty [ks]	32	32
výška [mm]	1 100	740
závěsné ložisko		
umístění	nad soukolím	
celkové axiální zatížení [kN]	270	160
způsob mazání	nucený oběh	
turbínové ložisko		
způsob mazání	nucený oběh	
spirála	betonová, vstupní profil 28 m^2	betonová
savka	kolenová – Moody hydrokon, výstupní profil 32 m^2	kolenová

Tato soustrojí spolehlivě pracovala tři čtvrtě století. Určitě překonala původní představy svých tvůrců, kteří dnes již nežijí. Nicméně zařízení elektrárny postupně fyzicky i morálně zestárla a muselo být uvažováno o jeho zásadní opravě či modernizaci. Situace však byla komplikována vleklou přípravou nového plavebního stupně Přelouč pro splavnění Labe do Pardubic. Proto byla modernizace neustále odsouvána, neboť v případě nového plavebního stupně Přelouč poteče přes starou elektrárnu pouze minimální zůstatkový průtok.

Tab. 2. Parametry hydraulického regulátoru otáček

výrobce	J. M. Voith
rok výroby	1927
frekvenční snímač regulátoru	mechanický
max./min. tlak regulačního oleje [MPa]	$pr_{\max} = 1.5/pr_{\min} = 1.2$

Příprava plavebního kanálu však za poslední roky takřka nepokročila, zejména vzhledem ke sporům s ministerstvem životního prostředí a několikanásobným odvoláním občanských a ekologických aktivistů. Proto není dosud vydáno ani územní rozhodnutí, což znamená nejdřívější dokončení stavby až po roce 2010. Nová vodní elektrárna bude uvedena do provozu přibližně ve stejnou dobu. Z toho vyplývá jednak zásadní nejistota, zda se vůbec podaří zamýšlený kanál, a tudíž i související vodní elektrárnu realizovat, resp. že tomu bude mnohem později, než se očekávalo.

Tab. 3. Parametry původních generátorů

Ukazatel	TG 2, TG 3, TG 4	TG 1
typ	6	AT 165
výrobce	Křížík	Křížík
výrobní čísla	14 158, 14 157, 14 159	14 130
rok výroby	1927	1927
výkon činný [kW]	490	280
výkon zdánlivý [kVA]	700	400
účinnost	$\cos \varphi = 0,70$	$\cos \varphi = 0,70$
napětí [kV]	6,6	6,6
proud statoru [A]	61,4	35,0
proud rotoru [A]	68	52
provozní otáčky [ot./min.]	375	500
moment setrvačnosti [tm^2]	0,288	0,0843
rotační budič		
napětí/proud [V/A]	115/69,5	115/52,0
pohon	na hřídeli generátoru	
ochrana generátoru	nadproudová, přepěťová	

Současná vodní elektrárna Přelouč tak bude v provozu o několik let déle, než se předpokládalo. Tento fakt společně s dostatkem vody ve starém řečišti i při provozu „nové“ Přelouče na plavebním kanálu vedlo společnost VCE Elektrárny, s. r. o., k záměru modernizaci současné MVE Přelouč neodkládat, a naopak ji co nejvíce urychlit.

Nové studie vyhledávaly optimální variantu modernizace pro oba případy, tedy zda bude nová Přelouč vůbec realizo-

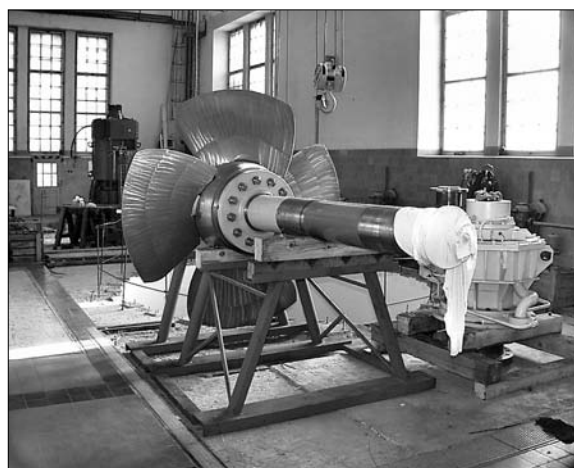
vána. Varianta modernizace, jak byla nakonec realizována (dvě nové vertikální Kaplanovy turbíny), nebrání, a naopak vhodně připravuje podmínky pro případnou celkovou modernizaci (dalších dvou turbín) MVE Přelouč v případě, že by došlo k definitivnímu zastavení projektu plavebního kanálu. Vzhledem k havarijnímu stavu malé turbíny a špatnému stavu TG 2 se tak současně vyřešily i technické nedostatky a fyzické a morální opotřebení v jejím provozu. V případě výstavby plavebního kanálu budou modernizovaná soustrojí efektivně využívat zůstatkový průtok starým řečištěm. Takto navržená modernizace je jak technicky, tak i ekonomicky efektivní pro různý vývoj výstavby nového plavebního stupně.

Koncepce modernizace

Slovo modernizace je třeba v případě MVE Přelouč zdůraznit. Francisova turbína byla nahrazena Kaplanovou s ji-

Tab. 4. Parametry Kaplanovy turbíny s betonovou spirálou

Ukazatel	Parametry
uspořádání soustrojí	vertikální
počet soustrojí	2
návrhový spád [m]	$H_h = 3,5$
maximální spád [m]	$H_{\max} = 4,2$
minimální spád [m]	$H_{\min} = 1,5$
návrhový průtok [$\text{m}^3 \text{s}^{-1}$]	$Q_h = 18,5$
minimální průtok při návrh spádu [$\text{m}^3 \text{s}^{-1}$]	$Q_{\min} = 5,0$
smysl otáčení	pravotočivý
otáčky turbíny [min^{-1}]	cca 133
průběžné otáčky [min^{-1}]	375
průměr oběžného kola [m]	2,1
počet lopatek oběžného kola	4
počet lopatek rozváděcího kola	20
převodovka	suchá jednostupňová, čelní se šikmým ozubením s agregovaným závěsným ložiskem pro turbínu



Obr. 2. Oběžné kolo nového soustrojí

nými parametry (tab. 4). V praxi to znamená menší průměr oběžného kola, vyšší otáčky, tím nižší cenu a velmi plochý průběh účinnosti. A tak vlastně jde o modernizaci opět jedinečnou, obdobně jako původní výstavba, neboť šlo o první projekt tohoto druhu pro tuto velikost turbín.

■ TG 1 a TG 2

Koncepční řešení modernizace elektrárny Přelouč spočívá ve výměně dvou turbín. Obsahuje hlavní změny ve stavební, strojní a elektrické části (obr. 1, obr. 2). Stavebními úpravami jsou myšleny bourací a betonářské práce pro uložení nových turbín s příslušenstvím. Strojní část zahrnuje výměnu turbín a generátorů s příslušenstvím, čisticího stroje (obr. 3) a úpravu stávající lávky nad česlemi pro osazení nového čisticího stroje. Elektrická část pak výměnu či novou instalaci řídicího systému, elektrických ochran, budicí soupravy, rozvodny 6,3 kV a transformátoru vlastní spotřeby.

■ TG 3 a TG 4

Tato část modernizace představovala osadit turbíny TG 3 a TG 4 čidly, kompletně vyměnit regulaci otáček turbín, regulaci napětí generátorů a realizovat jejich řídicí systém. Po tomto kroku bude elektrárna pracovat zcela automaticky, s občasným dohledem a preventivní údržbou, a spolupracovat s turbínami TG 1 a TG 2.

Modernizovaná elektrárna je provozována tak, že nové Kaplanovy turbíny se podílejí na regulaci průtoku a staré Francisovy turbíny pracují v režimu optimální účinnosti. Garancovní měření účinnosti prokázalo dosažení všech technických parametrů v celém provozním rozsahu. V průběhu zkušebního i dosavadního provozu se nevyskytly žádné provozní potíže, vady či poruchy.

Přípravu a řízení projektu, stavební a autorský dozor zajistil HYDROPOL Project & Management, a. s. Turbíny, generátory, převodovky, čisticí stroj česlic dodaly Strojírny Brno, a. s., elektročást Ingos, s. r. o., stavební část Hydropol, s. r. o.

Tab. 5. Parametry nového generátoru

Typ	Přírubový třífázový synchronní vysokonapěťový vertikální bezkroužkový
jmenovitý zdánlivý výkon [kVA]	780
účinnost	0,8
jmenovité napětí [V]	6 300
frekvence [Hz]	50
synchronní otáčky [min ⁻¹]	600
průběžné otáčky [min ⁻¹]	1 800
regulátor napětí	externí



Obr. 3. Oprava původního generátoru

Krejčí, A.: Modernization and Repair of Přelouč Hydroelectric Power Plant

The concept of modernization of the water power station of Přelouč on the Elbe River from 1927 was complicated by a new project of alteration of the navigable waterway in the given section of the river, including, among others, a new hydroelectric power plant on the channel. The alteration project has been long discussed and postponed due to protests of ecological associations. This paper characterizes the original power station, the equipment of which worked for some 75 years. Further, it describes the modernization scheme, consisting in the replacement of two original Francis turbines with new Kaplan's turbines, as well as in the upgrading of the regulation and control of the whole power plant. The next, alternatively planned modernization stage of the hydroelectric power plant will depend on so far unsolved reconstruction of the navigable waterway on the Elbe in the area of Přelouč.

Krejčí, A.: Modernisierung und Reparatur des Wasserkraftwerks Přelouč

Die Konzeption zur Modernisierung des Wasserkraftwerks Přelouč an der Elbe aus dem Jahre 1927 wurde durch das neue Projekt zur Regulierung des Schifffahrtswegs im gegebenen Flussabschnitt kompliziert, die u.a. auch ein neues Wasserkraftwerk am Schifffahrtskanal enthält. Die Realisierung der neuen Gestaltung wird wegen des Widerstandes von Umweltschutzvereinigungen langfristig verhandelt und zieht sich in die Länge. Der Beitrag enthält die Charakteristik des ursprünglichen Kraftwerks, deren Aggregate ein Dreivierteljahrhundert gelaufen sind, und des Modernisierungsprojektes, das einerseits im Ersatz von zwei Francis-turbinen durch neue Kaplan-turbinen und andererseits in der Modernisierung der Regelung und Bedienung des ganzen Kraftwerks besteht. Die weitere in Varianten geplante Modernisierungsetappe des Wasserkraftwerks wird von der bis jetzt nicht endgültig gelösten Rekonstruktion des Schifffahrtswegs auf der Elbe im Gebiet von Přelouč abhängen.

Hodnocení a optimalizace rizik silničních tunelů

prof. Ing. Milan HOLICKÝ, DrSc., Ph. D.
Ing. Karel JUNG
ČVUT – Kloknerův ústav
Praha

Bezpečnostní požadavky a obecné pokyny pro analýzu rizik tunelů transevropské silniční sítě jsou pro členské země EU stanoveny ve Směrnici Evropského parlamentu a Rady EU. Předložená metodika hodnocení a optimalizace rizik využívá příčinné (Bayesovské) sítě doplněné o rozhodovací a užtkové uzly. Ukazuje se, že pravděpodobnostní metody hodnocení optimalizace rizik a ekonomických následků mohou poskytnout důležité podklady pro rozhodování o vhodných úpravách silničních tunelů. Nezbytným krokem optimalizace je však stanovení výše nákladů, které je společnost schopna vynaložit na záchranu lidského života.

- protipožární vybavení tunelu,
- ventilační systém,
- technologické vybavení,
- havarijný systém,
- dopravní strukturu (HGV, DGV a osobní doprava).

U konkrétních tunelů se mohou v návaznosti na stavební a dopravní řešení uplatnit specifické faktory, uvedené v Příloze 1 Směrnice [1].

Důležitou součástí definice systému je stanovení příčinných vazeb jednotlivých jevů, popř. následků nepříznivých jevů s těmito faktory. To je zpravidla obtížný úkol. Pro první rozbor rizik se proto doporučuje uvažovat pouze ty nejdůležitější a analýzu postupně upřesňovat zahrnutím dalších faktorů a nových příčinných vazeb. Složité subsystémy je účelné analyzovat samostatně.

1. Úvod

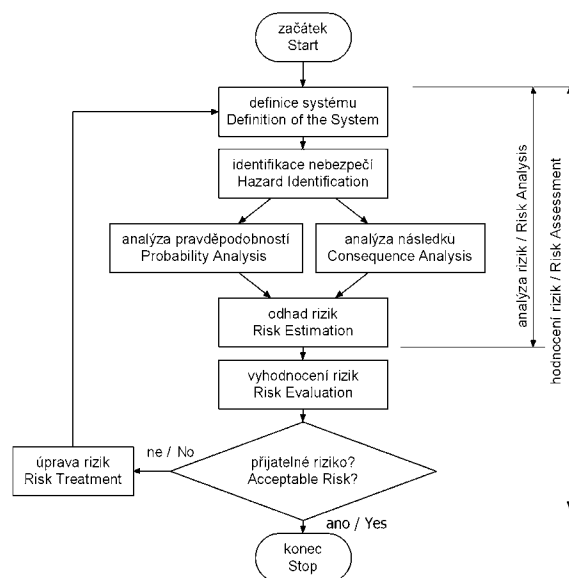
Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2004/54/ES [1] rovněž obsahuje pokyny pro management, hodnocení a řízení rizik silničních tunelů a uplatnění metod analýzy rizik. Jde o postupy, které se stále častěji aplikují při ověřování funkční způsobilosti řady technických systémů [2], [3] včetně bezpečnosti silničních tunelů [4]. Příčinou rostoucího zájmu o tyto metody jsou nejen nedávné tragické události, ale i snaha odstranit největší nedostatek předchozích postupů, kterým je nedostatečný zřetel k sociálním, ekonomickým i ekologickým následkům nepříznivých jevů [2], [3], [4]. V současné době jsou již k dispozici národní i mezinárodní dokumenty, které se snaží metodiku analýzy, hodnocení rizik i používanou terminologii sjednotit [5]–[10].

Hodnocení zahrnuje analýzu a vyhodnocení rizik, jak přehledně zachycuje obr. 1. Tento schematický vývojový diagram však pouze znázorňuje nejdůležitější postupy a nezahrnuje podrobnosti, které se při rozboru konkrétních případů uplatní. Nejdůležitějšími kroky jsou definice uvažovaného systému, identifikace nebezpečí (která mohou nepříznivé jevy vyvolat) a odhad rizik na základě pravděpodobnostní analýzy očekávaných jevů a jejich následků (obr. 1). Součástí je rovněž vyhodnocení rizik podle stanovených kritérií a případné opakování včetně snahy o optimalizaci následků.

2. Definice systému

Prvním krokem je vymezení systému silničního tunelu prvky charakteristickými pro jeho provoz a bezpečnost. Obecně takový systém zahrnuje infrastrukturu, provoz, uživatele a vozidla. Jde zejména o geometrické vymezení analyzovaného prostoru včetně příjezdových a výjezdových komunikací, propojovacích a únikových cest a dopravní struktury (podíl vozidel s těžkým nákladem – HGV, nebezpečným nákladem – DGV a vozidel pro osobní přepravu – Cars). Hodnocení bezpečnosti silničních tunelů má zahrnovat:

- stavební uspořádání,
- dopravní řešení,
- uspořádání únikových cest,



Obr. 1. Obecný postup hodnocení rizik

3. Identifikace nebezpečí

Dalším důležitým krokem je identifikace nebezpečných situací, které mohou v silničním tunelu nastat. Závisí zejména na charakteru dopravy, stavebním a dopravním řešení. Nebezpečné situace u silničních tunelů zahrnují zejména:

- nehody při přepravě těžkých nákladů,
- nehody při přepravě nebezpečných nákladů,
- nehody při přepravě osob,
- vážné dopravní nehody bez požáru,
- vážné nehody s požárem,
- požár technologického vybavení,
- kombinaci předchozích situací.

Při analýze rizik jakéhokoli systému je snaha zahrnout všechny nebezpečné situace, které mohou vést k výskytu nepříznivých jevů [2], [3]. Obecně může nepříznivý jev nastat také při běžné návrhové situaci nebo při mimořádných situa-

cích (dopravní nehody, nárazy, výbuchy, požár). Běžné návrhové i nebezpečné situace jsou dále souhrnně označeny symbolem H .

4. Analýza pravděpodobnosti

Pravděpodobnostní metody analýzy rizik vycházejí z podmíněné pravděpodobnosti $P_{fi} = P\{F | H_i\}$, že při dané situaci H_i nastane určitý jev F popisující analyzovaný systém [1], [3]. Obecně lze tuto pravděpodobnost stanovit přímo z dostupných statistických dat, ze zkušenosti nebo rozбором pravděpodobností podmiňujících jevů, na nichž jev F závisí. Jestliže běžné návrhové i nebezpečné situace (hazards), označené souhrnně H_i , nastanou s pravděpodobností $P(H_i)$ a jestliže porucha konstrukce F při realizaci situace H_i nastane s podmíněnou pravděpodobností $P(F|H_i)$, pak celková pravděpodobnost výskytu nepříznivého jevu F je dána vztahem

$$P_f = \sum_i P(F | H_i) \cdot P(H_i). \quad (1)$$

Podmíněné pravděpodobnosti $P(F | H_i)$ je nutno stanovit samostatným rozбором příslušné situace H_i . Vztah (1) umožňuje sladění dílčích pravděpodobností poruchy odpovídajících jednotlivým situacím H_i .

Největším nedostatkem čistě pravděpodobnostního přístupu je však skutečnost, že nepřihlíží k následkům nepříznivých jevů F za situace H_i . Na vztah (1) navazuje pravděpodobnostní rozbor rizik.

5. Analýza následků

Rozbor následků různých nebezpečných situací a rozhodnutí o uspořádání tunelu je nezbytnou součástí každé rizikové analýzy. U silničních tunelů lze následky obecně zařadit do tří obvyklých kategorií:

- sociální (újmou na zdraví) zahrnují přímé oběti dopravní nehody, osoby vážně zraněné, které nepřežijí požár nebo vliv nebezpečných látek, a osoby, které nejsou schopny včas uniknout;
- ekonomické (vyjádřené cenou v určité měně), mezi něž patří ekonomická rizika a následky nepříznivých jevů (nehod) a následky rozhodnutí o úpravách tunelu (zlepšení podmínek);
- ekologické (někdy se vyjadřují cenou).

Zatímco v prvním případě jde o nechtěné ekonomické následky (proto se nazývají rizika), ve druhém případě jde o záměrně navrhované náklady na úpravu tunelu (zlepšení provozních podmínek). V závislosti na konkrétních podmínkách tunelu mohou být oba druhy ekonomických následků významné v porovnání se sociálními riziky (s náklady na záchranu jednoho života). V takových případech mohou ekonomické následky ovlivnit rozhodnutí o uspořádání tunelu, a je tedy účelné k nim přihlížet.

Při analýze rizik tunelů lze jednotlivé kategorie následků sledovat odděleně, nebo společně. V prvním případě lze pro jednotlivé kategorie použít odlišné jednotky, ve druhém je nutno stanovit společnou jednotku (např. určité měny) pro dvě nebo všechny základní kategorie. Tento krok není snadný a očividně se střetává s nesnází vyjádřit újmu na zdraví nebo ekologické škody cenou ve zvolené měně. Takový postup je sice běžný v pojišťovnictví, nemusí být však přijatelný pro odpovědné činitele a širokou veřejnost v případě hodnocení rizik silničních tunelů. Dostupné pracovní materiály mezinárodní organizace PIARC zatím pracují především se sociálními riziky.

6. Vyhodnocení rizik

Běžné návrhové i nebezpečné situace H_i mohou obecně vyvolat vznik řady jevů E_{ij} (např. plně rozvinutí požáru, výbuch), jejichž nepříznivé následky lze vyjádřit jednosložkovou veličinou R_{ij} nebo C_{ij} , které označují ztráty na životech nebo ekonomické následky (vyjádřené cenou v určité měně). Předpokládá se, že následky R_{ij} nebo C_{ij} jsou vzájemně jednoznačně přiřazeny jevům E_{ij} . Jestliže následky zahrnují pouze počet obětí R_{ij} , pak se celkové očekávané následky označují jako riziko R , které se stanoví s ohledem na uvažované nebezpečné situace H_i ze vztahu [11]

$$R = \sum_{ij} R_{ij} \cdot P(E_{ij} | H_i) \cdot P(H_i). \quad (2)$$

Jestliže následky nepříznivých jevů zahrnují pouze ekonomické hodnoty C_{ij} , pak celkové očekávané následky označují C a stanoví se ze vztahu

$$C = \sum_{ij} C_{ij} \cdot P(E_{ij} | H_i) \cdot P(H_i). \quad (3)$$

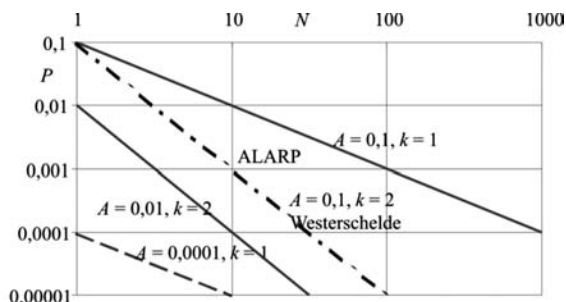
Můžeme-li pro očekávané následky stanovit přijatelné meze R_d nebo C_d , lze systém navrhovat na základě podmínky přijatelných následků ve tvaru $R < R_d$ nebo $C < C_d$, které doplňují pravděpodobnostní podmínku $P_f < P_{fd}$.

Pokud kritéria přijatelných očekávaných následků nejsou splněna, je možné v souladu s postupem vyznačeným na obr. 1 upravit systém různými zásahy s cílem omezit pravděpodobnost výskytu nepříznivých jevů nebo zmírnit jejich následky. U silničních tunelů to může být zřízení dodatečných únikových cest nebo zlepšení protipožárního vybavení. Takové zásahy do systému však vyžadují značné náklady.

7. Individuální a sociální rizika

Důležitou součástí rozboru a hodnocení je porovnání odvozených rizik se společensky přijatelnými hodnotami. Jestliže očekávané následky zahrnují pouze individuální a sociální rizika, kde R označuje počet obětí, uplatňují se obecně dvě kritéria:

- maximálně přijatelná hodnota očekávaného ročního rizika;
- přijatelné rozmezí pro kumulativní pravděpodobnost sociálního rizika (obr. 2).



Obr. 2. Společensky přijatelná sociální rizika

Zpravidla se vychází z očekávaného rizika (součinu pravděpodobnosti a počtu obětí) za rok na 1 km tunelu, které se udává v širokém rozmezí od 0,0001 do 0,1000. Podle tohoto kritéria lze riziko považovat za přijatelné, pokud k jednomu smrtelnému úrazu na 1 km tunelu za rok dojde s prav-

děpodobností menší, než je stanovená hodnota. Dosud však toto kritérium nemá legislativní podklad. V nedávných pracovních materiálech organizace PIARC se uvažují vyšší hodnoty vztahené na celý tunel (nikoli na 1 km). Poznamenejme, že při trvalé návrhové situaci u běžných staveb vychází mezinárodní norma [7] z obecně přijímané hodnoty ročního individuálního rizika smrtelného úrazu 10^{-6} .

Společensky přijatelná hodnota rizika pro více ohrožených osob při jedné nehodě se obecně udává vztahem pro kumulativní pravděpodobnost (často se uvádí pod názvem křivka fN)

$$P(R > N) < A \cdot N^{-k}, \quad (4)$$

kte R je odhadnuté riziko (odhadnutý počet smrtelných úrazů), N obecný počet smrtelných úrazů (obvykle 1 až 1 000), A a k jsou vhodné parametry. Obrázek 2 ukazuje čtyři varianty tohoto kritéria [11], [16], [17]:

– horní hranici	$A = 0,1$	$k = 1,$
– střední úroveň	$A = 0,1$	$k = 2,$
– mírnější dolní hranici	$A = 0,01$	$k = 2,$
– přísnější dolní hranici	$A = 0,0001$	$k = 1.$

Horní hranice udává nejvýše přijatelné hodnoty uplatňované např. ve Velké Británii [11]. Střední úroveň rizika pro $A = 0,01$ a $k = 2$ a mírnější dolní hranice $A = 0,01$ a $k = 2$ byla přijata v Nizozemí [11], přísnější dolní hranice $A = 0,0001$ a $k = 1$ se doporučuje v Rakousku [16], [17]. Této hranici však může být obtížné vyhovět. V oblasti mezi horní a dolní hranicí, často označované zkratkou ALARP (As Low As Reasonably Possible – co možno nejnižší hodnoty), se má uplatňovat snaha skutečné riziko snížit.

Střední úroveň přijatelného rizika, odpovídající parametrům $A = 0,1$ a $k = 2$, byla uvažována u tunelu ve Westerschelde [12] (na 1 km tunelu/1 rok) a doporučuje se i pro hodnocení tunelových staveb v České republice. Poznamenejme, že pravděpodobnost, že při jedné nehodě dojde k jedné nebo více obětem, je podle obr. 2 v širokém rozmezí 0,0001 až 0,1000.

Pro ekonomické následky nepříznivých jevů se obecná kritéria neuvádějí, pokud se však nekombinují se sociálními hledisky.

8. Porovnání alternativních řešení

Dostupné statistické údaje pro analýzu rizik silničních tunelů nejsou zatím dostatečné. Řadu údajů je nutno stanovit na základě zkušenosti nebo odborným odhadem. Podmíněně pravděpodobnosti výskytu jednotlivých jevů v závislosti na stavu významných faktorů a podmiňujících jevů jsou často značně nejisté. Zejména údaje o počtu ohrožených osob a sociálních, ekonomických a ekologických následcích nepříznivých jevů jsou zpravidla pouze odhady. Nejistoty při stanovení vstupních dat včetně počtu ohrožených osob a sociálních rizik naznačuje jednoduchý příklad analýzy rizik.

Z tohoto hlediska je třeba hodnotit také výsledky analýzy rizik. Jde pouze o odhady, které platí pro přijaté zjednodušující modely a předpokládané vstupní údaje. Význam takových rozborů je především v možnosti jejich využití v komparativních studiích. Ukazuje se, že mohou být účinné při porovnávání:

- různých variant řešení jednoho tunelu,
- rizik různých tunelů (např. série).

Jejich využití je však možné pouze za předpokladu, že se opírají o stejné zjednodušující modely a podobné vstupní údaje. V opačném případě mohou tyto studie poskytovat zkreslené informace, nebo zcela selhat.

9. Sociální a ekonomické ukazatele

Společné hodnocení sociálních a ekonomických rizik je potřebné zejména pro strategické rozhodování o koncepci silničních tunelů. Nezbytné je stanovení nákladů, které je společnost připravena poskytnout na záchranu jednoho života. Touto citlivou otázkou se zabývá řada významných pracovišť a odborníků na celém světě. Jde o problematiku velmi složitou, která dosud není uzavřena. Náklady neustále stoupají a v současné době se pohybují okolo 4 mil. USD, přibližně tedy 100 mil. Kč. Myšlenka finančního vyjádření újm na zdraví se střetává s mnohými odpůrci, i když v pojišťovnictví je běžná.

Možnosti využití společného hodnocení sociálních a ekonomických ukazatelů naznačuje příklad rozboru rizik silničního tunelu. Studie [4] ukazuje základní metodiku pravděpodobnostní analýzy rizik silničních tunelů s využitím příčinných (Bayesovských) sítí. Jednoduché příklady ilustrují stanovení vstupních dat a možnosti společného hodnocení sociálních a ekonomických rizik.

10. Zásady optimalizace rizik

Celkové následky $C_{\text{tot}}(k, p, n)$ spojené s výstavbou a provozem tunelu se obecně uvažují jako funkce optimalizovaného parametru k (např. počtu únikových cest), diskontní sazby p (běžně $p \approx 0,03$) a životnosti n (běžně $n = 100$ let). Optimalizovaný parametr k může obecně představovat jednorozměrnou nebo vícerozměrnou veličinu, která významně ovlivňuje bezpečnost sledovaného tunelu.

Základní model pro celkové následky lze zapsat ve tvaru prostého součtu dílčích následků

$$C_{\text{tot}}(k, p, n) = R(k, p, n) + C_0 + \Delta C(k). \quad (5)$$

Ve vztahu $R(k, p, n)$ označuje očekávané sociální riziko za dobu předpokládané životnosti tunelu n , které dále závisí na optimalizovaném parametru k a diskontní sazbě p , C_0 vyjadřuje základní náklady na výstavbu tunelu, které jsou nezávislé na parametru k , a $\Delta C(k)$ přírůstek nákladů, který je závislý na parametru k . Rovnice (5) však představuje pouze zjednodušený model, který explicitně nepřihlíží ke všem složkám možných následků, mezi něž patří ekonomické následky různých nepříznivých jevů a provozní náklady na pravidelnou údržbu, opravy a obnovu tunelu včetně únikových cest.

Kumulativní sociální riziko $R(k)$ je stanoveno s ohledem na diskontní sazby během předpokládané životnosti tunelu (např. 100 let). Jestliže je životnost tunelu obecně n let, lze riziko $R(k)$ stanovit na základě součtu geometrické řady ze vztahu

$$R(k, p, n) = N(k) \cdot Z_1 \cdot Q(p, n),$$

$$Q(p, n) = \frac{1 - 1/(1+p)^n}{1 - 1/(1+p)}. \quad (6)$$

Ve vztahu $N(k)$ označuje počet očekávaných ztrát na životech za jeden rok, který závisí na optimalizovaném parametru tunelu k , dále Z_1 společensky přijatelné náklady na záchranu jednoho života a p diskontní sazbu 0 až 5 %. Poznamenejme, že kvocient geometrické řady q je dán podílem $q = 1/(1+p)$. Diskontní součinitel $Q(p, n)$ umožňuje vyjádřit skutečné náklady Z_1 během předpokládané životnosti tunelu v cenách v době jeho návrhu tunelu, které se uvažují ve vztahu (5). Jinými slovy, dojde-li v roce i k nákladům Z_1 , odpovídající hodnota v době návrhu tunelu je nižší podle vztahu $Z_1 q^i$. Součet těchto hodnot za celou dobu životnosti tunelu n závisí na diskontním součiniteli $Q(p, n)$.

Nutná podmínka pro existenci minima celkových nákladů plyne z nulové derivace vztahu (5) podle optimalizovaného parametru k , která vede ke vztahu

$$\frac{\partial N(k)}{\partial k} \cdot Z_1 \cdot Q(p, n) = - \frac{\partial \Delta C(k)}{\partial k} \quad (7)$$

V konkrétních případech nemusí však tato podmínka vést k praktickému řešení, zejména pro nízké diskontní sazby p (kterým odpovídá relativně vysoký diskontní součinitel $Q(p, n)$) a omezený počet únikových cest k , který nelze u tunelu nepřiměřeně zvyšovat.

11. Normované celkové následky

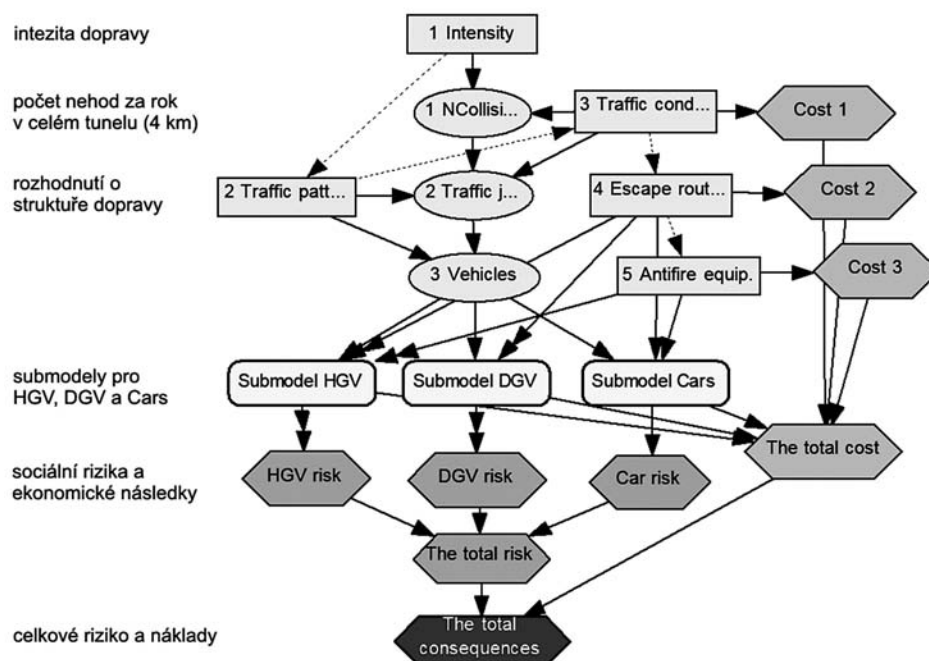
Celkové následky dané vztahem (5) lze někdy zjednodušit na bezrozměrný, normovaný tvar a celý postup optimalizace zobecnit. Jako příklad se uvažuje optimalizace počtu únikových cest k . Předpokládá se, že přírůstek nákladů $\Delta C(k)$ je možno v tomto příkladu vyjádřit součinem $k \cdot C_1$, kde C_1 označuje náklady na vybudování jedné únikové cesty, které se mohou pohybovat v širokých mezích. Jestliže se cena C_1 přibližně rovná nákladům Z_1 [14], lze pak vztah (5) zapsat ve tvaru

$$C_{\text{tot}}(k, p, n) = N(k) \cdot C_1 \cdot Q(p, n) + C_0 + k \cdot C_1 \quad (8)$$

Výhodou normovaných celkových následků je, že jde o bezrozměrnou veličinu, která nezávisí na nákladech C_0 a C_1 . Předpokládá se pouze, že cena $C_1 \approx Z_1$ je časově nezávislou jednotkou celkových normovaných následků.

12. Model silničního tunelu

Modelový silniční tunel je rozšířením příkladu uvedeného ve studii [14]. Předpokládá se, že při celkové délce 4 000 m má v jednom směru dva dopravní pruhy a využívá se pro přepravu vozidel s těžkým nákladem (HGV), nebezpečným nákladem (DGV) a vozidel pro přepravu osob (Cars). Intenzita dopravy v jednom směru je $20 \cdot 10^6$ vozidel za rok (tj. přibližně 27 400 vozidel v jednom dopravním pruhu za den). Jednotlivé druhy vozidel jsou v poměru HGV : DGV : Cars = 0,15 : 0,01 : 0,84. Počet vážných nehod pro základní dopravní podmínky (které je možno případně zlepšit) se uvažuje $1 \cdot 10^{-7}$ na jedno vozidlo na 1 km za rok [14], tj. pro předpokládanou intenzitu $20 \cdot 10^6$ vozidel a délku tunelu 4 km vychází celkem 8 vážných nehod. Tento počet se zdá být vysoký, lze ho však upřesnit (snížit) na základě dostupných statistických dat.



Obr. 3. Hlavní model tunelu

Tuto funkci je možno snadno upravit na bezrozměrný normovaný tvar

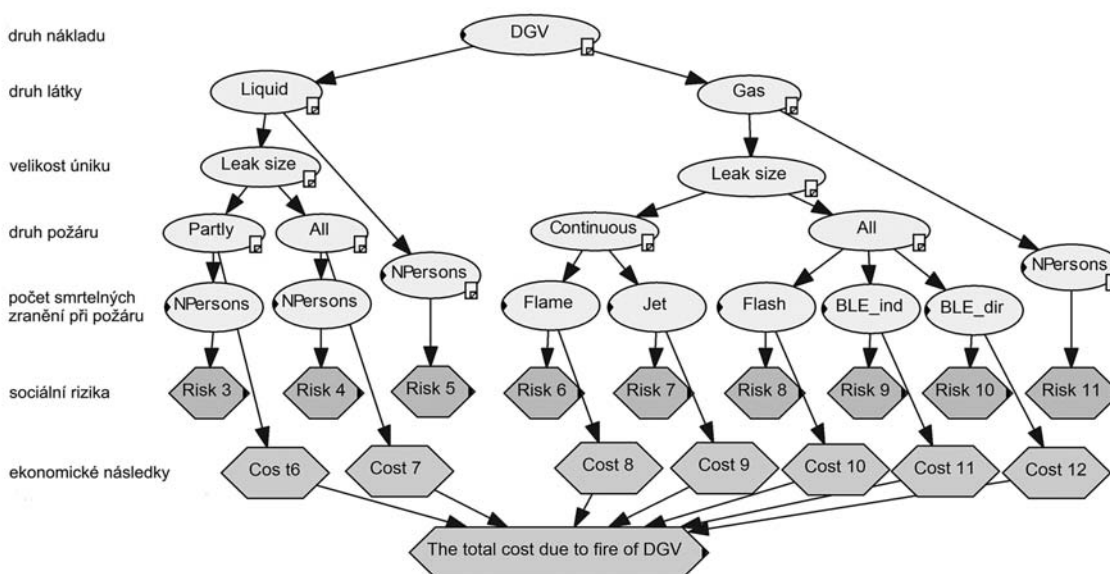
$$\kappa(k, p, n) = \frac{C_{\text{tot}}(k, p, n) - C_0}{C_1} = N(k) \cdot Q(p, n) + k \quad (9)$$

Je zřejmé, že veličiny popisující celkové následky $C_{\text{tot}}(k, p, n)$ a $\kappa(k, p, n)$ jsou vzájemně jednoznačně závislé a obě nabývají extrémní hodnoty (pokud existuje) při stejném počtu únikových cest k . Rovnice (7) vede k nezbytné podmínce existence minima

$$\frac{\partial N(k)}{\partial k} = - \frac{1}{Q(p, n)} = - \frac{1 - 1/(1+p)}{1 - 1/(1+p)^n} \quad (10)$$

Ve studii [14] se k analýze a hodnocení rizik využívá stromkový diagram. V tomto článku je tunel modelován příčinnými (Bayesovskými) sítěmi, které lze považovat za zobecnění stromkových diagramů [4], [18]. Příčinné sítě, doplněné o rozhodovací a uživatelské uzly, však zpravidla vyžadují větší množství vstupních dat [18]. Některá z nich jsou odvozena z dat uvedených ve studii [14]. Dodatečné údaje jsou stanoveny odhadem nebo na základě expertního posudku. Podrobný popis všech vstupních údajů však přesahuje rozsah této práce.

Hlavní model tunelu (obr. 3) zahrnuje tři submodely (HGV, DGV a Cars), které popisují scénáře nebezpečí (hazard scenarios) pro jednotlivé druhy vozidel. Obrázek 4 zachycuje například submodel DGV.



Obr. 4. Submodel pro vozidla s nebezpečným nákladem (DGV)

Příčinná síť obsahuje čtyři druhy uzlů propojených příčinnými vazbami (na obr. 3 šipkami):

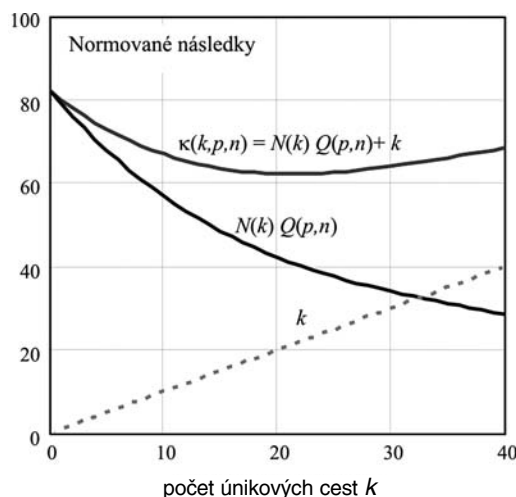
- náhodné uzly, znázorněné ovály,
- rozhodovací uzly, znázorněné obdélníky,
- užitkové uzly, znázorněné šestiúhelníky,
- uzly pro submodely, znázorněné obdélníky se zaoblenými vrcholy.

Je zřejmé, že rozhodnutí o počtu únikových cest (zachycené rozhodovacím uzlem 4) sniží počet obětí scénářů nebezpečí, vyvolá však dodatečné náklady zachycené užitkovým uzlem „Cost 2“. Podobné pozitivní i negativní následky mají ostatní rozhodovací uzly. Je tedy nasnadě sledovat interakci obou typů následků, popř. hledat optimální rozhodnutí s cílem minimalizovat celkové následky.

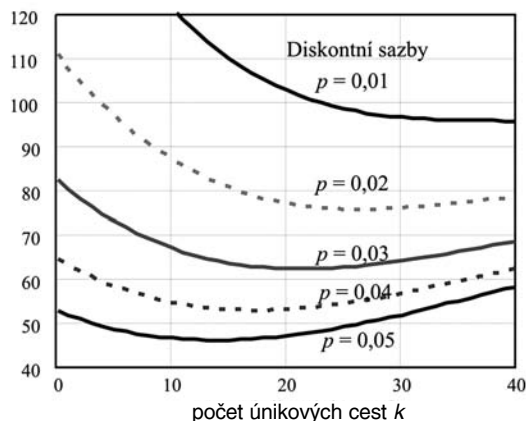
13. Příklad optimalizace

Princip optimalizace celkových následků u popsaného tunelu je zachycen na obr. 5. Dílčí normované následky $N(k)$. $Q(p, n)$, počet únikových cest k i celkové normované následky $\kappa(k)$ jsou znázorněny v závislosti na počtu únikových cest k pro diskontní sazbu $p = 0,03$ a životnost $n = 100$ let. Je zřejmé, že v tomto případě součtová křivka $\kappa(k, p, n) = N(k) \cdot Q(p, n) + k$ nabývá svého minima pro počet únikových cest $k \approx 23$, tj. pro vzdálenost asi 160 m. Poznamenejme, že výsledný počet obětí (očekávané individuální riziko) poněkud překračuje kritéria uvedená v odd. 7.

Na obrázku 6 jsou normované celkové následky $\kappa(k)$ zachyceny v závislosti na počtu únikových cest k pro různé diskontní sazby p a životnost $n = 100$ let. Je zřejmé, že zvyšující se diskontní sazba p vede ke klesajícímu optimálnímu počtu únikových cest k . Pro $p = 0,02$ je $k \approx 27$ (vzdálenost cest asi 143 m), pro $p = 0,05$ je $k \approx 14$ (vzdálenost asi 270 m). Jestliže se počet k zvolí větší, než je optimální hodnota, celkové náklady vzrostou pouze mírně, a přitom se sníží sociální riziko (obr. 6). Tento poznatek je však třeba u konkrétního tunelu ověřit s přihlédnutím k odpovídající ceně C_1 a nákladům Z_1 , které se mohou během předpokládané doby životnosti tunelu měnit.

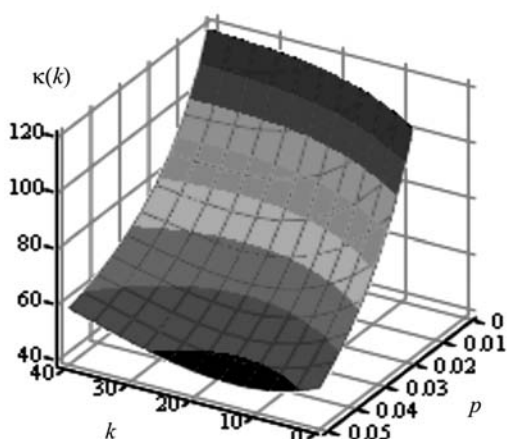


Obr. 5. Normované celkové následky $\kappa(k, p, n) = N(k) \cdot Q(p, n) + k$ v závislosti na počtu únikových cest k pro diskontní sazbu $p = 0,03$ a životnost $n = 100$ let



Obr. 6. Závislost normovaných celkových následků $\kappa(k, p, n)$ na počtu únikových cest k pro vybrané diskontní sazby p a životnost $n = 100$ let

Obrázek dále ukazuje, že celkové následky značně závisí na diskontní sazbě p , která ovlivňuje výsledné hodnoty výrazněji než počet únikových cest k . Zatímco pro diskontní sazbu $p = 0,01$ jsou minimální normované náklady 95 jednotek, pro diskontní sazbu $p = 0,05$ pouze 45 jednotek (méně než polovina). Pro malé diskontní sazby $p \leq 0,01$, celkové následky s rostoucím k klesají a pro $k \leq 39$ (pro vzdálenost cest nejvýše rovné 100 m) nedosáhnou minima. Podmínka (10) nevede tedy k praktickému řešení pro diskontní sazby $p \leq 0,01$. Závislost celkových následků $\kappa(k)$ na počtu únikových cest k a diskontní sazbě p je patrná z obr. 7. Zřetelně ukazuje výraznou závislost celkových následků $\kappa(k)$ na diskontní sazbě p i možnost stanovení optimálního počtu únikových cest k . Praktické využití výsledků zachycených na obr. 6 a obr. 7 u konkrétních tunelů umožňuje softwarová pomůcka TUNOPTIM, sestavená matematickým programem MathCAD.



Obr. 7. Závislost normovaných celkových následků $\kappa(k, p, n)$ na počtu únikových cest k a diskontní sazbě p pro životnost $n = 100$ let

14. Závěr

Podobně jako u jiných technických systémů zahrnují obecné zásady hodnocení rizik silničních tunelů:

- vymezení systémů popisujících mimořádné situace,
- identifikaci nebezpečných situací,
- klasifikaci očekávaných následků nepříznivých jevů,
- analýzu pravděpodobností a následků,
- komparativní hodnocení alternativních řešení,
- porovnání sociálních rizik a ekonomických následků.

U silničních tunelů se obecně se rozlišují dvě kritéria pro sociální rizika:

- maximálně přijatelná hodnota očekávaného individuálního rizika za rok,
- přijatelné kumulativní pravděpodobnosti sociálních rizik za rok (křivky fN).

V současné době se hodnocení rizik uplatní zejména při porovnávání různých řešení tunelů. Ukazuje se však, že pravděpodobnostní metody optimalizace sociálních rizik a ekonomických následků mohou poskytnout důležité podklady pro rozhodování o vhodných úpravách. Nezbytným krokem optimalizace je stanovení nákladů, které je společnost schopna vynaložit na záchranu jednoho života. Potvrzuje se však, že pravděpodobnostní metody mohou významně přispět ke zdokonalení bezpečnosti silničních tunelů.

Literatura

- [1] Directive 2004/54/EC of the European Parliament and of the Council of 29 April 2004 on Minimum Safety Requirements for Tunnels in the Trans-European Road Network. Official Journal of the European Union L 201/56 of 7 June 2004.
- [2] Melchers, R. E.: Structural Reliability Analysis and Prediction. Chichester, John Wiley & Sons 1999, 437 p.
- [3] Steward, M. S. – Melchers, R. E.: Probabilistic Risk Assessment of Engineering System. London, Chapman & Hall 1997, 274 p.
- [4] Holický, M.– Šajtar, L.: Risk Assessment of Road Tunnels Based on Bayesian Network. Advances in Safety and Reliability, ESREL 2005. London, Taylor & Francis Group 2005, pp. 873–879.
- [5] NS 5814, Requirements for Risk Analysis. 1991.
- [6] CAN/CSA-Q634-91 Risk Analysis Requirements and Guidelines, 1991.
- [7] ISO 2394 General Principles on Reliability for Structures, 1998.
- [8] ISO/IEC Guide 73: 2002, Risk Management – Vocabulary – Guidelines for Use in Standards.
- [9] ISO/IEC Guide 51: 1999, Safety Aspects – Guidelines for their Inclusion in Standards.
- [10] ISO 9000: 2000, Quality Management Systems – Fundamentals and Vocabulary.
- [11] Vrouwenvelder, A. – Holický, M. – Tanner, C. P. – Lovegrove, D. R. – Canisius, E. G.: CIB Report. Publication 259. Risk Assessment and Risk Communication in Civil Engineering. CIB, 2001.
- [12] Worm, E. W.: Safety Concept of Westershelde Tunnel. Rukopis článku poskytnutý firmou SATRA, 2002.
- [13] Brussaard, L. A. – Kruijskamp, M. M. – Oude Essink, M. P.: The Dutch Model for the Quantitative Risk Analysis of Road Tunnels. Berlin, ESREL 2004.
- [14] Vrouwenvelder, A. C. W. M. – Krom, A. H. M.: Hazard and the Consequences for Tunnels Structures and Human Life. 1st International Symposium Safe and Reliable Tunnels in Prague, CUR, Gouda, 2004.
- [15] de Weger, D. – Kruijskamp, M. M. – Hoeksma, J.: Road Tunnel Risk Assessment in the Netherlands – TUNprim: A Spreadsheet Model for the Calculation of the Risks in Road Tunnels. ESREL 2001.
- [16] Ruffin, E. – Cassini, P. – Knoflacher, H.: Transport of Hazardous Goods. See Chapter 17 of Beard, A. – Carvel, R.: The Handbook of Tunnel Fire Safety. London, Thomas Telford Ltd. 2005.
- [17] Knoflacher, H. – Pfaffenbichler, P. C.: A Comparative Risk Analysis for Selected Austrian Tunnels. 2nd International Conference Tunnel Safety and Ventilation, Graz, 2004.
- [18] Finn, V. – Jensen, V.: Introduction to Bayesian Networks. Aalborg University, 1996.

Článek vznikl při řešení úkolu Isprofond 5006210025 „Rizika silničních tunelů podle směrnice EU“ podporovaného Státním fondem dopravní infrastruktury.

Holický, M. – Jung, K.: Risk Assessment and Optimization of Road Tunnels

Safety requirements and general instructions for risk analysis of trans-European road network are provided in recent Directives of the European Parliament and of the Council. The submitted methodical principles for risk assessment and optimization are based on the Causal (Bayesian) network supplemented by decision and utility nodes. It appears that probabilistic methods of risk assessment and optimization of social and economic consequences may provide valuable background information for decision making concerning effective modifications of road tunnels. An inevitable step of the optimization procedure is, however, specification of the cost of averting fatalities.

Holický, M. – Jung, K.: Bewertung und Optimierung der Risiken von Straßentunneln

Die Sicherheitsanforderungen und allgemeinen Hinweise für die Risikoanalyse von Tunneln des transeuropäischen Straßennetzes sind für die EU-Mitgliedsländer in einer Richtlinie des Europäischen Parlaments und des EU-Rats festgelegt. Die vorgelegte Methodik zur Bewertung und Optimierung der Risiken benutzt ein um Entscheidungs- und Nutzknoden ergänztes Ursachennetz (Bayes-Netz). Es wird aufgezeigt, dass Wahrscheinlichkeitsmethoden zur Bewertung und Optimierung von Risiken und wirtschaftlichen Folgen wichtige Unterlagen für die Entscheidung über geeignete Gestaltungen von Straßentunneln gewähren können. Ein unerlässlicher Optimierungsschritt ist jedoch die Bestimmung der Höhe der Kosten, die die Gesellschaft zur Rettung eines Menschenlebens aufzubringen in der Lage ist.



První ročník mezinárodního průmyslového veletrhu Vienna-tec, který bude pořádat v dvouletém cyklu Reed Exhibitions, největší agentura pro odborné veletrhy v Rakousku, zastřešuje šest významných mezinárodních odborných veletrhů. Jejich cílem je prezentace produktů z oblasti automatizace, pohonné techniky, rozvodu energií, spínací techniky, průmyslové elektroniky, výrobní techniky, měřicí a zkušební techniky, sváření, spojování, stříhání, kontroly a ochrany.

Do programu se aktivně zapojí odborná sdružení a profesní organizace z průmyslového sektoru. Inovativní akce vhodně doplní prezentace vystavovatelů. V rámci doprovodného programu vystoupí přední odborníci a umožní při živých diskuzích výměnu informací a přenos know-how.

Nové Messezentrum Wien Neu, které bylo vybudováno podle návrhů architekta Gustava Peichla a slavnostně otevřeno v lednu 2004, výrazně přispělo k oživení veletržního dění ve Vídni. Budova se vyznačuje multifunkčním uspořádáním, kvalitním prostředím a infrastrukturou pokrývající celý veletržní areál. K dispozici jsou čtyři víceúčelové veletržní haly, kongresové centrum a hotel Austria Trend Hotel Messe Wien. Návštěvníci mohou využít 4 500 převážně zastřešených parkovacích míst. Na jaře roku 2008 má být toto nové veletržní centrum napojeno na síť metra.

www.vienna-tec.at

● zprávy

Prague Marina

Na území holešovického přístavu vyroste v několika fázích město ve městě, čítající až tisíc unikátních bytů, kancelářské a obchodní prostory, restaurace a kavárny. Projekt Prague Marina vzniká na místě, kde byl před 110 lety vybudován nejvýznamnější pražský přístav. Rozsáhlá kultivovaná zelená plocha vytvoří oddychovou zónu s dostatkem prostoru pro aktivní i poklidný život a odpočinek. Rozsah projektu v takové blízkosti stávající zástavby a vodní plochy není srovnatelný s jiným nemovitostním developmem současné doby. Architektury jsou české architektonické studio A.D.N.S. architekti a anglická společnost Chapman Taylor.

Vizí není vytvořit jen místo pro bydlení, ale především prostor pro život. Nové město obklopí řeka, která dodává bydlení ojedinělou atmosféru. Jednotlivé byty nabízejí nadprůměrné dispozice a netradiční technická či funkční řešení – např. panoramatická okna, velké balkóny nebo terasy. První fáze projektu nabízí výběr ze zhruba 350 nadstandardních bytů od efektních studií o velikosti 40 m² po rozsáhlé penthousy s 219 m², umístěných ve třech samostatných osmipodlažních až desetipodlažních bytových domech. Vodní ploše se přibližují téměř na dotyk.

Stávající památkově chráněné objekty budou integrovány do nové zástavby. Zachován bude historický lodní výťah. Vedle sportovní mariny pro rekreační plavidla bude k zajímavostem patřit i obnovení průtoku vody v přístavu původním proplachovacím kanálem, což spolu s biologickým čištěním vody povede k vytvoření přirozené říční laguny.



Přestože je nová zástavba plánována v místě, které bylo v roce 2002 zasaženo povodní, není třeba mít z velké vody strach. Nábřeží je chráněno systémem, který na levém břehu Vltavy nechalo zbudovat hlavní město Praha. Ochranné hráze přesahují úroveň tehdejší povodně.

Výjimečný koncept bydlení pro 21. století má oživit mnohem širší část holešovického území, než na jakém proběhne vlastní výstavba. První fáze bude zahájena do poloviny roku 2006 a dokončena v průběhu následujícího roku. Celková investice výstavby v holešovickém přístavu včetně již fungující výškové kancelářské budovy Lighthouse přesahuje 500 mil. dolarů. Developer projektu společnost Prague Marina patří do skupiny Lighthouse Group.

Tisková informace

Proces porušení betonů při dostředném namáhání v tlaku a tahu

prof. Ing. Michail LEMBÁK, CSc.
Ing. Vojtěch VÁCLAVÍK, Ph. D.
Fakulta hornicko-geologická
VŠB – TU Ostrava

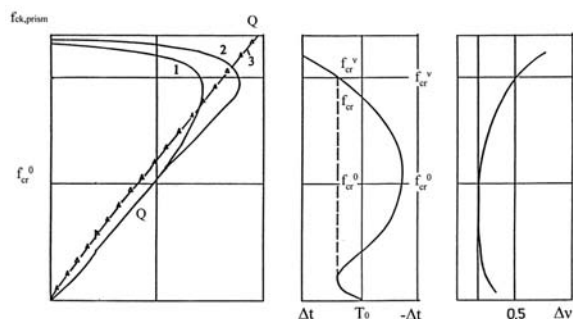
Príspevek úzce navazuje na publikace prvního autora [1], [2] o fyzikálních procesech porušení dostředně tláčeného betonu a je logickým pokračováním v prezentaci chování betonu při dostředném namáhání v tahu.

Úvod

Na základě znalostí o fyzikálních procesech probíhajících v betonu při zatížení je možno předpokládat, že meznímu stavu vzniku trhlin při krátkodobém a dlouhodobém působení zatížení odpovídá ohybový moment, při kterém dosahují napětí v krajních betonových vláknech tažených ohýbaných nosníků druhé parametrické úrovně, tj. kdy začíná v taženém betonu netlumený proces tvoření a rozvoje mikrotrhlin [1]–[6]. Vcelku můžeme konstatovat, že přetváření a porušování betonu účinky vnějšího zatížení je spjata se vznikem, narůstáním a koncentrací mikrodestrukcí. Právě této problematice je věnován experimentální výzkum, výsledky, kterého jsou v příspěvku deklarovány.

Porušení betonu při dostředném namáhání v tlaku a tahu

Přetváření betonu účinky vnějšího zatížení je velmi složitý proces, závislý na mnoha vnitřních a vnějších činitelích. Podle prof. Berga [3] je spjat se vznikem, narůstáním a koncentrací mikrodestrukcí, které nakonec vedou k vytvoření ploch odtržení, rovnoběžných s působícím zatížením.



Obr. 1. Průběh parametrů přetvoření betonu při jednoosém namáhání v tlaku

a – objemového přetvoření, b – průchodu ultrazvuku, c – přírůstků příčného přetvoření

Při experimentálním sledování procesu vzniku a rozvoje mikrotrhlin v betonu se běžně používá několik metod, nejčastěji však metoda tenzometrického měření podélných a příčných deformací a metoda sledování procesu porušování struktury betonu pomocí ultrazvuku (obr. 1, obr. 2). Právě pomocí těchto metod prof. Berg určil dolní a horní hranice rozvoje mikrotrhlin f_{cr}^o a f_{cr}^v . Tyto parametrické hranice se

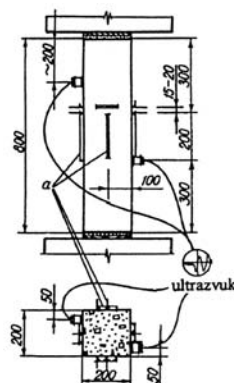
určovaly z křivky průchodu ultrazvukového impulsu přes zkušební těleso ve směru kolmém, popř. skloněném k ose působení tlakové síly a podle průběhu součinitele příčného přetvoření v a objemového přetvoření Q , stanovených tenzometrickým měřením podélných ε_1 a příčných ε_2 přetvoření betonu zkušební tělesa. Z obrázku 1 je vidět, že průběh objemového přetvoření, zjištěný experimentálně (graf 1, 2), není v souladu s vypočteným za předpokladu pružného chování materiálu (graf 3). Určování parametrů v , Δv , Q a ΔQ je podrobně popsáno v publikacích [1], [2].

Dále je zřejmé, že do určitého stupně zatížení je úbytek objemu tělesa zkoušeného tlakem téměř konstantní (graf 1, 2). Stále se zmenšuje, při dalším zvyšování zatížení se tato hodnota objemu tělesa začíná výrazně zvětšovat (obr. 1a). Hladina zatížení, při kterém nastává v průběhu objemového přetvoření obrat, vyvozuje v betonu zkoušeného tělesa napjatost, při níž dochází ke kritickým změnám jeho struktury. Profesor Berg označil tento bod f_{cr}^v a pokládal ho za horní hranici rozvoje mikrotrhlin. Nad touto hranicí lze u betonu pozorovat výrazné porušování struktury. Horní hranice rozvoje mikrotrhlin f_{cr}^v se dosáhne při napětí betonu, při němž přírůstek příčného přetvoření $\Delta v = \Delta\varepsilon_2/\Delta\varepsilon_1 = 0,5$ (obr. 1c).

Průběh Δv , jakož i rychlost průchodu ultrazvuku zkoušeným betonem, poskytuje možnost stanovit další charakteristickou hranici narušování struktury betonu mikrotrhlinami, kterou prof. Berg pokládal za dolní hranici a označil ji f_{cr}^o (obr. 1). Při napětí v betonu odpovídajícím této hranici nastává narušování kompaktnosti jeho struktur. Do hranice f_{cr}^o se beton zhušťuje a ve struktuře betonového tělesa probíhá uzavírání původních mikrotrhlin a lokálních poruch.

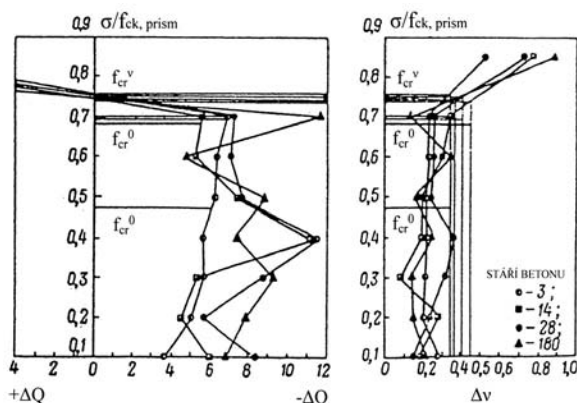
Při hladině napětí nad hranicí f_{cr}^o se v betonu začínají aktivně rozvíjet mikrotrhliny, dochází k postupnému uvolňování vzájemných vazeb složek betonu. Přitom se přírůstek příčného přetvoření Δv začíná zvětšovat a přírůstek objemu zkoušeného tělesa ΔQ ubývat. Z obrázku 1a je patrné, že přitom hranice f_{cr}^o odpovídá nejmenší době průchodu ultrazvuku tělesem (obr. 1b), a dále pak se tato doba stále prodlužuje, což svědčí o porušování kompaktnosti a rozvoji mikrotrhlin ve zkoušeném betonu.

Proces porušení betonu při jednoosém namáhání v tlaku byl ověřen i u betonu vyšší pevnosti [1], [2]. Vznik mikro-



Obr. 2. Schéma rozmístění měřicích přístrojů na zkušební tělese

trhlin na hranolech I. série z obyčejného betonu třídy C40/50 a II. série vyšší pevnosti betonu třídy C60/75 o rozměrech 200 x 200 x 800 mm se sledoval měřením mechanickými tenzometry, rozmístěnými v podélném a příčném směru na čtyřech hranách zkušebních těles, a ultrazvukem. Schéma rozmístění přístrojů je na obr. 2, průběh přírůstku objemového a příčného přetvoření na obr. 3. Z grafů vyplývá, že při zatěžování těles do hladiny f_{cr}^0 dochází k „samozpevnování“ materiálu. Zkouškami bylo zjištěno, že u betonů z portlandského cementu I. série odpovídala dolní hranice rozvoje mikrotrhlin v průměru $f_{cr}^0 = 0,523 f_{ck,prism}$, avšak s růstem pevnosti betonu II. série se tato hranice výrazně zvětšovala. Tak se zvětšením pevnosti betonu od $f_{ck,prism\ 28} = 50,2$ MPa do $f_{ck,prism\ 28} = 72,5$ MPa dolní hranice f_{cr}^0 se zvětšila od $0,523 f_{ck,prism}$ do $0,694 f_{ck,prism}$. Horní hranice rozvoje mikrotrhlin f_{cr}^v však se zvýšením pevnosti betonu se tak výrazně nezměnila a odpovídala v průměru pro I. série $0,725 f_{ck,prism\ 28}$, pro II. série $0,760 f_{ck,prism\ 28}$.



Obr. 3. Průběh přírůstku objemového přetvoření ΔQ a příčného přetvoření Δv vysokopevnostního betonu

Z výzkumu rovněž vyplynulo, že pro beton z rychle tuhnoucího cementu hodnoty přírůstku příčného přetvoření Δv , odpovídající horní hranici rozvoje mikrotrhlin f_{cr}^v , jsou menší než 0,5 a menší než pro beton z portlandského cementu. Například pro beton z portlandského cementu ve stáří 3 až 180 dnů hodnoty Δv , odpovídající f_{cr}^v , byly v rozmezí 0,42 až 0,52 a začátek intenzivního rozvoje mikrotrhlin byl při $\sigma/f_{ck,prism} = 0,6$. Za stejných podmínek u betonu vyšší pevnosti hodnoty Δv se měnily v rozmezí 0,34 až 0,45. Přitom intenzivní nárůst hodnoty Δv nastal při $\sigma/f_{ck,prism} = 0,7$.

Z výsledků experimentálního ověření těles z betonu na bázi portlandského a rychle tuhnoucího cementu vyšší pevnostní třídy při jednoosém krátkodobém namáhání v tlaku, prováděného s cílem sledování vzniku a rozvoje mikrotrhlin ve struktuře těchto betonů, lze učinit tyto dílčí závěry:

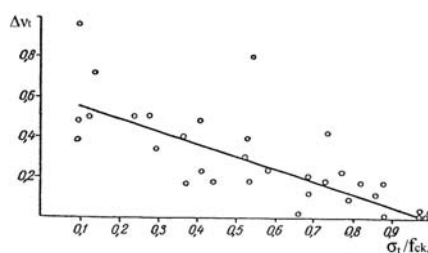
- v dostředně tlačných prvcích začíná vznik mikrotrhlin značně dříve, než dojde k porušení v jejich struktuře;
- závislost mezi napětím a přetvořením pro betony ve stáří 28 dnů je v podstatě lineární až do napětí $0,85 f_{ck,prism}$;
- u betonů starých 3 dny je závislost mezi napětím a přetvořením blízká lineární až do napětí $0,5 f_{ck,prism}$;
- moment vzniku trhlin je vyšší než u běžných betonů z portlandského cementu a zvyšuje se s rostoucí pevností betonu;
- proces přetváření a porušení betonu je skutečně spjat se vznikem, narůstáním a koncentrací mikrodestrukcí, které vedou k porušení betonu, což je známo již desítky let.

Porušení betonu v tahu

Chování betonu v tahu je probádáno podstatně méně než při dostředném tlaku. Zvláště nedostatečně je analyzován proces porušení v tahu betonů vyšší pevnosti, tj. betonů s pevností vyšší než 60 MPa.

Jak již bylo uvedeno, při dostředném namáhání betonu v tlaku bylo zjištěno, že ve struktuře betonu probíhá postupně narůstající proces vzniku mikroporušení, který ve značné míře má vliv na pevnostní charakteristiky betonu. Z tohoto pohledu je rovněž velmi důležité vysledovat proces porušení betonu v tahu. Pro experimentální výzkum betonu v tahu byly zhotoveny hranoly rozměru 100 x 100 x 400 mm s náběhy pro uchycení. Přetváření betonu za ohybu bylo sledováno na trámčích o rozměrech 150 x 150 x 600 mm [1].

Pro sledování vzniku mikrotrhlin a deformací v betonu byla použita metoda tenzometrického a ultrazvukového měření. Na obrázku 4 jsou znázorněny grafy průběhu deformací taženého betonu vyšší pevnosti ($f_{ck,prism} = 80$ MPa) v tahu a časového přírůstku průchodu ultrazvuku přes zkušební těleso Δt v závislosti na tahovém napětí σ_t . Je zřejmé, že od začátku zatížení zkušebních těles lze sledovat snížení rychlosti průchodu ultrazvuku v betonu. Přitom se zvětšením zakřivení grafů deformací betonů $\sigma_t - \varepsilon_{ct}$ se zvětšuje i křivost grafu $\sigma_t - \Delta t$, tj. rychlost průchodu ultrazvuku tělesem se neustále snižuje. To znamená, že při namáhání betonu vyšší pevnosti v tahu od začátku zatížení zkušebního tělesa začíná proces narušení kompaktnosti jeho struktury. Dá se to vysvětlit tím, že již při výrobě vznikají makrodefekty technologického původu (póry apod.). Dále v průběhu tvrdnutí betonu v důsledku smršťování, exotermických, chemických a jiných faktorů vzniká vnitřní napětí, které způsobuje vznik mikrotrhlin, a to již při nízkých hladinách tahového namáhání.

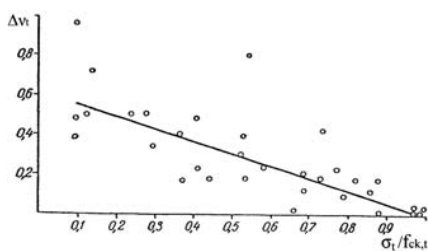


Obr. 4. Průběh deformace taženého betonu
1 – příčné, 2 – podélné, 3 – ultrazvuk

Lze předpokládat, že mikrotrhliny, které již existují v betonu od okamžiku jeho výroby, se začínají rozvíjet, přitom jejich rozvoj v počáteční fázi namáhání může mít pružný charakter. Pro určení hraničních podmínek vzniku mikrotrhlin slouží při tlakových namáháních diferenciální součinitel příčného přetvoření betonu $\Delta v = \frac{\Delta \varepsilon_{pf.}}{\Delta \varepsilon_{pod.}}$, který je popsán v literatuře [1]–[6], ale pro tahové namáhání se u nás dosud nesledoval.

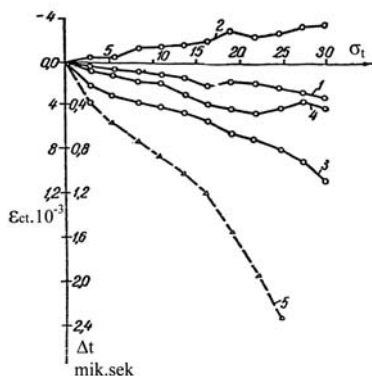
Nutno podotknout, že průběh součinitele Δv_t při tahovém namáhání se zásadně liší od součinitele Δv při tlakovém namáhání. Jestliže při tlaku se součinitel Δv zvětšuje a dosahuje kritické hodnoty zhruba při 0,5, při tahu se součinitel Δv_t zmenšuje. Pro názornost je na obr. 5 prezentován průběh závislosti $\Delta v_t - \sigma_t$, ze kterého je zřejmé, že se zvětšením tahového napětí σ_t se hodnoty součinitele Δv_t zmenšují a blíží se nulové hodnotě při porušení zkušebního tělesa. Součinitel Δv_t se začíná zmenšovat od začátku zatížení, což svědčí o zvětšení objemu tělesa. Tato skutečnost podporuje

již zmíněný předpoklad, že již při minimálním tahovém napětí v betonu se rozvíjí narušování kompaktnosti jeho struktury a vznik mikrotrhlin.



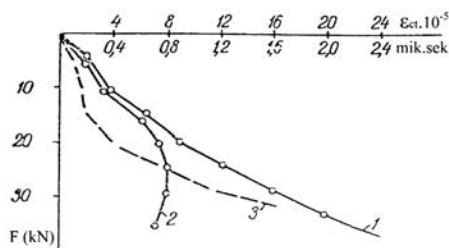
Obr. 5. Průběh součinitele Δv_1 při namáhání betonu v tahu

Proces vzniku mikrotrhlin není rovnoměrný. Se zvětšením tahových napětí σ_t se intenzita jejich vzniku zvětšuje. Na obrázku 6 jsou uvedeny grafy průběhu deformací betonu v tahu se vzniklou trhlinou (3) a na úseku mezi trhlinami (1, 4). Již při σ_t odpovídající 2,3 MPa indikovaly tenzometry umístěné v trhlíně aktivní nárůst deformace a deformace mezi trhlinami (4) se zmenšovaly. Stejný průběh byl zaznamenán při sledování chování betonu v tažené části ohybných betonových prvků (obr. 7). Při napětí odpovídajícím zatížení $F = 25$ kN se deformace mezi trhlinami zmenšovaly (2) a v místě trhliny zvětšovaly (3).



Obr. 6. Průběh deformace zkoušeného betonu v tahu
1, 4 – mezi trhlinami, 2 – příčné deformace, 3 – v průřezu s trhlínou,
5 – ultrazvuk

Je nutno poznamenat, že rozvoj deformací v betonu při tahovém namáhání závisí nejen na jeho pevnosti, ale hlavně na technologii výroby betonu. Obrázky 7 a 8 průkazně ilustrují výsledky zkoušek dvou zkušebních prvků se stejnou

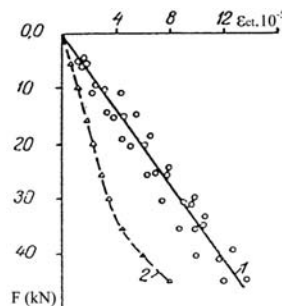


Obr. 7. Průběh deformací zkoušeného betonu v tažené části ohybného nosníku

1 – v průřezu s trhlínou, 2 – v průřezu mezi trhlinami, 3 – ultrazvuk

únosností. Beton ztuhněný kvalitním vibračním vakuovým lisováním má lineární přírůstek deformací až do porušení

(obr. 8). V opačném případě, kdy betonový prvek byl vyroben běžným způsobem, byl lineární přírůstek deformací sledován pouze do intenzity zatížení odpovídající $0,3 F_{Rd}$ (obr. 7), přičemž hodnota mezních tahových deformací ϵ_{cr} byla zhruba dvakrát větší. Z výše uvedeného vyplývá, že při tahovém i tlakovém namáhání je přetváření a porušení betonu spjata se vznikem, narůstáním a koncentrací mikrodestrukcí, které vedou k porušení betonu.



Obr. 8. Průběh deformací betonu ztuhněného vibračním vakuovým lisováním vyšší pevnosti v tažené zóně nosníku
1 – za ohybu, 2 – ultrazvuk

Závěr

Z výsledků experimentálního ověřování těles z betonu obvyčejného a betonu vyšší pevnostní třídy při jednoosém krátkodobém namáhání v tlaku a tahu vyplývá:

- závislost mezi napětím a deformacemi u betonů vyšší než 28denní pevnosti v tlaku je téměř lineární až do napětí $0,85f_{ck,prism}$;
- moment vzniku mikrotrhlin u tohoto betonu je vyšší než u běžného betonu z portlandského cementu a stoupá se zvětšováním jeho pevnosti;
- při tahovém namáhání betonu vyšší pevnostní třídy začíná proces narušení kompaktnosti jeho struktury od okamžiku zatížení zkušebního tělesa, což lze vysvětlit tím, že již při výrobě betonu existují mikrodefekty technologického původu;
- v průběhu tvrdnutí v důsledku smršťování a jiných faktorů vzniká vnitřní napětí, které způsobuje vznik mikrotrhlin, a to již při nízkých hladinách tahového napětí;
- průběh součinitele Δv_1 při tahovém namáhání se principiálně liší od Δv při tlakovém namáhání.

Literatura

- [1] Lembák, M.: Výzkum deformačních procesů ve vyztužených betonových prvcích podzemních a inženýrských staveb. Monografie, VŠB-TU Ostrava, 2004, 472 s.
- [2] Lembák, M. – Kočetkov, Ju.: Proces porušení vysokopevnostního betonu při dostředném namáhání v tlaku. Stavební obzor, 10, 2001, č. 6, s. 164–167.
- [3] Berg, O. Ja. – Šterbakov, E. M. – Pisanko, G. N.: Vyskopročný beton. Moskva, Strojizdat 1971, 207 s.
- [4] Walz, K.: Über die Herstellung von beton mit höchster Festigkeit. Beton, Vol. 16, No. 8, 1966.
- [5] Application of High Performance Concrete – Report of Joint CEB-FIB Working Group, 1994.
- [6] High Performance Concrete-Recommended Extensions to the Model Code 90 Research Needs – 1995.

Lembák, M. – Václavík, V.: Process of Failure of Concrete under Concentric Compressive Stress and Tension

This paper is closely related to publications about physical processes of failure of concentrically pressed concrete [1] and [2]. It is, at the same time, a logical continuation of presentation of concrete performance under concentric stress in tension.

Lembák, M. – Václavík, V.: Der Prozess der Beschädigung von Betonen bei mittiger Zug- und Drucklängskraft

Der Beitrag knüpft eng an die Publikationen über die physikalischen Prozesse der Beschädigung mittig gedrücktten Betons [1], [2] an und ist die logische Fortsetzung der Präsentation des Verhaltens von Beton bei mittiger Zugbeanspruchung.

• zprávy

Residence Klimentka

Developerská společnost A-TRIO představuje realitnímu trhu další projekt. Tento čistě rezidenční objekt, situovaný na jižním strahovském svahu v Praze-Košířích, je zajímavý nejen svou architekturou, ale i atraktivní polohou v přímém sousedství chráněné přírodní památky Skalka. Bytová vila v novofunkcionalistickém stylu je citlivě zasazena do okolní vilové čtvrti. Materiálové řešení hmot je užito pro optické rozdělení objektu na celky odpovídající měřítku okolní zástavby. Centrální vstup je umístěn v prvním nadzemním podlaží. Veškerá ostatní podlaží jsou přístupná výtahem, který je určen pro obsluhu všech osob včetně invalidních. V úrovni prvního podzemního podlaží jsou umístěny sklepy a halová garáž. Pro zajištění bezpečnosti slouží kromě bezpečnostních vstupních dveří, venkovních žaluzií v prvních nástupních patrech a systému centrálního klíče i kamerový systém se záznamovým zařízením. Obyvatelé mohou využít i možnosti napojení na elektronický bezpečnostní systém.



Česká společnost A-TRIO (CZ), s. r. o., byla založena v roce 2000. Zajišťuje služby v oblasti rozvoje nemovitostí. Mezi realizované projekty patří například bytový projekt „Zahrada Pod Novým lesem“ v Praze či rekonstrukce pěti budov areálu „Hotelu U města Vídně“ v historickém centru v Českém Krumlově. Tento projekt získal prestižní ocenění v soutěži „Best of Reality 2003“. Mezi připravované projekty patří výstavba bytového domu Lovčenská a domu Musílkova v rovněž v pražských Košířích.

Tisková informace

• dizertace



Časový vývoj průhybů předpjatých betonových mostů

Ing. Michal Voplakal

Dizertace se zabývá nejvážnějším problémem betonových předpjatých mostů, a to dlouhodobě se zvětšujícími průhyby. Autor vyvinul metodu, jak prokázat vliv nerovnoměrného smršťování horní a dolní desky komorového mostu na průhyb. Rozebírá také vliv jednotlivých parametrů mostu na průhyb.

Hodnocení energetických a ekologických systémů budov

Ing. Stanislav Frolík

Práce na pěti případových studiích vyhodnocuje vliv systémů TZB na chování budov a jejich energetickou náročnost. Je vytvořen vlastní program pro energetické vyhodnocování staveb.

Vzdálené řízení a monitorování energetických systémů budov

Ing. Zdeněk Reinberk

V dizertaci je vytvořeno modulární rozhraní pro sestavení elektronické energetické služby. Práce je součástí mezinárodního projektu inteligentních budov. Informuje o praktickém využití modulárního systému.

Elastic Properties of Hydrating Cement Paste Determined from Hydration Model

Ing. Vít Šmilauer

Práce se zabývá predikcí elastických vlastností cementových kompozitů. Od počátku tuhnutí zkoumá vztah mezi mikrostrukturou cementové pasty a homogenizovanými elastickými vlastnostmi. Originálním přínosem je propojení modelů hydratace a homogenizace.

IAD Method in Computing Markov Chains

RNDr. Ivana Pultarová

Autorka představuje úvod do problematiky Markovovských řetězců. Zkoumá dvouúrovňovou iterační metodu s agregací a disagregací pro výpočet stacionárního vektoru rozdělení pravděpodobnosti stochastické matice. Numerická realizace metody je ukázána na problémech spojených s vyhledáváním informací.

Detekce polohových změn zemského povrchu radarovou interferometrií

Ing. Petr Urban

První dizertační práce v oblasti dálkového průzkumu Země v ČR se zabývá sledováním pohybů zemské kůry diferenční interferometrií. Metoda umožňuje sledovat změnu menší než 10 mm za rok. Výsledky jsou ověřeny porovnáním s měřeními Akademie věd ČR.

Mechanické, tepelné a vlhkostní vlastnosti energosádry modifikované plastifikátory

*Ing. Pavel TESÁREK
Ing. Milena JIŘÍČKOVÁ, Ph. D.
prof. Ing. Robert ČERNÝ, DrSc.
ČVUT – Fakulta stavební, Praha*

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

V článku jsou prezentována měření základních fyzikálních, mechanických, tepelných a vlhkostních parametrů energosádry modifikované dvěma plastifikačními přísadami, a to Peraminem SMF20 a Melmentem SKW F4000. Výsledky měření jsou porovnány s referenčními hodnotami zjištěnými na vzorcích vyrobených z energosádry bez přísad.

Úvod

V předchozích pracích [1], [2] byla určena sada referenčních hodnot základních fyzikálních, mechanických, tepelných a vlhkostních parametrů energosádry jako základ pro další vývoj tohoto materiálu. Z výsledků bylo patrné, že pro použití stavebních prvků z energosádry v obvodových pláštích budov, které jsou vystaveny povětrnostním vlivům, je nezbytné tento materiál modifikovat pomocí přísad a příměsí.

Úpravami sádry pro zvýšení trvanlivosti se v minulosti zabývala řada výzkumných týmů v zahraničí. Bijen a van der Plas [3] určili mechanické vlastnosti sádry vyztužené skleněnými vlákny typu E-glass, Tazawa [4] sledoval ohybovou pevnost a pevnost v tlaku sádropolymerových kompozitů, Sing a Gang [5] stanovili ohybovou pevnost sádrových kompozitů se skleněnými vlákny, Murat a Attari [6] použili k úpravě vlastností sádry příměsí jílových minerálů. Colak [7] zlepšil ohybovou pevnost sádry použitím disperze styren-metakrylátového kopolymeru a povrch sádry impregnoval různými systémy epoxidových pryskyřic, v další ze svých prací [8] popsal zlepšení tepelně technických vlastností zatvrdlé sádry pěnotvornými činidly, které ovšem mělo za následek snížení pevnosti v tlaku. V České republice se modifikacemi sádry pomocí přísad a plniv dosud nikdo podrobněji nezabýval. V ČSN 72 2301 Sádrová pojiva [9] se povoluje přidávat při výrobě sádry pouze přísady regulující tuhnutí, a to v množství nejvýše 1 % z hmotnosti sádry.

V tomto článku jsou prezentovány výsledky první části výzkumu perspektivních modifikací energosádry pomocí přísad, která byla zaměřena na zvýšení pevnosti zatvrdlého produktu. Mechanické vlastnosti, tj. zejména pevnost v tlaku a tahu za ohybu, jsou u soustavy sádra/voda podobné jako u podobných soustav závislé na vodním součiniteli. Snížení vodního součinitele sádrové kaše podobně jako u jiných materiálů vede ke snížení pórovitosti zatvrdlého produktu, a tím i k předpokládanému zvýšení pevnosti.

Vodní součinitel je možno bez výrazného vlivu na zpracovatelnost snížit použitím plastifikátorů. Plastifikátory se dávají v hmotnostních procentech k suché směsi, obvyklá

koncentrace se pohybuje okolo 0,1 až 1 %. Limitními faktory pro použití a dávkování plastifikátoru je jednak zachování vhodné zpracovatelnosti směsi, jednak cena plastifikátoru, která by mohla neúnosně navýšit cenu finálního produktu. Výzkumné práce byly proto zaměřeny na nalezení vhodného plastifikátoru a jeho vhodnou koncentraci pro energosádry a na studium jeho vlivu na mechanické vlastnosti. Pro zjištění případných negativních důsledků, které by mohla příslušná úprava vlastností přinést, byly sledovány též základní fyzikální, tepelné a vlhkostní vlastnosti.

Metody měření

Experimentální práce byly prováděny ve dvou úrovních. První sloužila k výběru vhodného plastifikátoru a jeho vhodné koncentrace v sádrové směsi, ve druhé úrovni byly stanoveny mechanické, tepelné a vlhkostní vlastnosti směsí se dvěma vytypovanými plastifikátory a porovnány s vlastnostmi referenční sady. Pro výběr vhodného plastifikátoru byl základním kritériem rozliv sádrové kaše. Pro výrobu vzorků byla nutná taková konzistence, která dovozovala jejich snadné odlití. Dalším důležitým faktorem bylo stanovení pevnosti v tlaku a v tahu za ohybu, dále nasákavost a objemová hmotnost.

Rozliv sádrové kaše byl stanoven na setřásacím stolku. Prstencem o průměru 45 mm a výšce 50 mm byl položen doprostřed stolku, a poté naplněn kaší. Následně byl vysunut vzhůru, aby se vzniklý váleček neporušil. Následovalo setřesení v deseti rázech. Měřil se průměr rozlité kaše, a to ve dvou na sebe kolmých směrech, a z těchto hodnot byl vypočítán průměr. Provedená zkouška je trochu odlišná od ČSN 72 2301 [9], se kterou byla upravena hodnota vodního součinitele pro stanovení sádrové kaše o tzv. normální konzistenci.

Pevnost v tahu za ohybu se ověřovala na těliscích o rozměrech 40 x 40 x 160 mm standardním tříbodovým ohybem. Tělíska se do zařízení vkládala kolmo na směr hutnění. Pevnost v tlaku byla stanovena na zlomcích po zkoušce pevnosti v tahu za ohybu, zatěžovací plocha lisu byla 40 x 40 mm.

Nasákavost byla stanovena klasickým trojrozměrným experimentem, při němž jsou vzorky uloženy do plastové nádoby tak, aby horní plocha byla 1 cm pod vodní hladinou. Následně se vzorek v pravidelných intervalech vyjímá z vodní lázně a váží až do ustálení jeho hmotnosti. Stanovení nasákavosti bylo provedeno s osmi plastifikátory ve čtyřech koncentracích. Na základě těchto výsledků byly vybrány dva plastifikátory, které se jeví jako nejvýhodnější a vykazovaly nejvyšší snížení nasákavosti.

Ve druhé části experimentálních prací byly stanoveny parametry, které daly ucelenější obraz o základních tepelně technických, vlhkostních a mechanických vlastnostech modifikované sádry. Základní fyzikální vlastnosti, jako objemová hmotnost, objemová hmotnost matrice a otevřená pórovitost, byly stanoveny pomocí experimentu s vakuovou

pumpou a určením Archimédovy hmotnosti. Mechanické vlastnosti, pevnost v tlaku a v tahu za ohybu byly stanoveny nejen v závislosti na čase, ale i v závislosti na obsahu vlhkosti ve vzorku.

Tepelné vlastnosti, součinitel tepelné vodivosti, měrná objemová tepelná kapacita a teplotní vodivost se měřily přístrojem ISOMET 2104 na vzorcích 70 x 70 x 70 mm pro tři různé vlhkostní stavy: vzorek vysušený při 80 °C, přirozeně vlhký v laboratorním prostředí s 50% relativní vlhkostí a teplotou 25 °C a vzorek nasycený vodou.

Z vlhkostních vlastností byl určen faktor difúzního odporu stacionární miskovou metodou s prostředím s 5 % a 30 % relativní vlhkosti. Sorpční a desorpční izotermy byly určeny exsikatorovou metodou při simulování různé relativní vlhkosti pomocí roztoků solí. V oblasti nadhygroskopické vlhkosti byla určena retenční křivka vlhkosti pomocí zařízení s tlakovou deskou. Pro popis transportu kapalné vlhkosti byl stanoven součinitel absorpce vody a průměrná hodnota součinitele vlhkostní vodivosti v jednoduchém experimentu na vzorcích 50 x 50 x 25 mm. Podrobný postup měření a principy použitých metod jsou popsány v článcích [1], [2], týkajících se vlastností referenční nemodifikované sádry.

Materiály

Výchozí surovinou byla energosádra z elektrárny Počerad. Podrobnější informace a klasifikace tohoto pojiva podle ČSN 72 2301 byla již publikována [2]. Vodní součinitel voda/sádra pro referenční sadu, označenou jako S0, byl 0,627.

Pro nalezení vhodného plastifikátoru byly vybrány dvě skupiny plastifikátorů, a to skupina peraminů a melmentů. Ve skupině melmentů byly přípravy MELVIS SKW F200, MELMENT SKW F245, MELMENT F300 a MELMENT SKW F4000. Skupina peraminů obsahovala výrobky PERAMIN SMF11, PERAMIN SMF20, PERAMIN SMF30 a PERAMIN SMF 40. Na základě několika jednoduchých zkoušek byl vždy vybrán přípravek, který měl nejpříznivější vliv na zpracovatelnost a pevnost energosádry. Pro sadu zkušebních těles, označenou S1, byl použit jako plastifikátor přípravek PERAMIN SMF 20 v koncentraci 0,5 % hmotnosti pevné fáze. V sadě S2 byl použit plastifikátor MELMENT SKW F 4000 v koncentraci 0,2 % hmotnosti pevné fáze. Vodní součinitel byl proti referenční sadě snížen na hodnotu 0,5. V tabulce 1 je uvedeno složení směsí, referenční S0 a modifikovaných S1 a S2. Hmotnost plastifikátoru je vztažena na hmotnost suché sádry.

Tab. 1. Složení směsí

Materiál	Vodní součinitel v/s	Příspěvek	Množství přísady [% hm.]
S0	0,627	žádná	žádné
S1	0,5	PERAMIN SMF 20	0,5
S2	0,5	MELMENT SKW F 4000	0,2

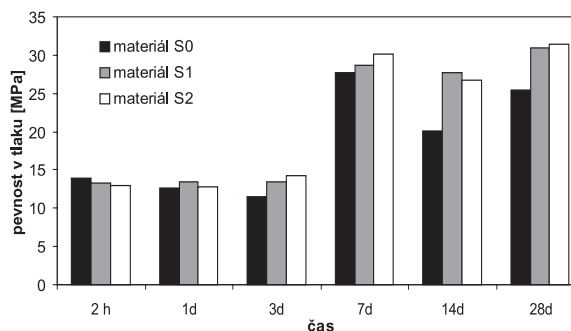
Výsledky a diskuze

Základní fyzikální vlastnosti referenční sady S0 a modifikací S1 a S2 jsou uvedeny v tab. 2. V porovnání s referenční sadou S0 bylo pro modifikace S1, S2 při změně vodního součinitele voda/sádra použito přibližně o 20 % méně záměsové vody, což lze hodnotit jako velmi pozitivní efekt, který by se měl projevit zvýšením pevnostních charakteris-

Tab. 2. Porovnání základních fyzikálních vlastností

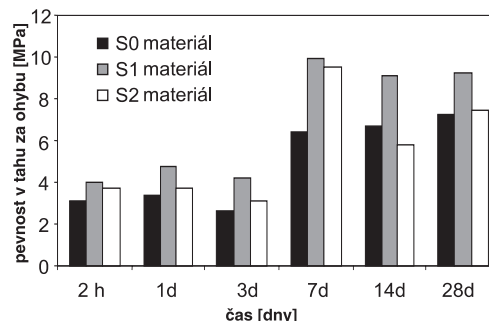
Materiál	Objemová hmotnost [kgm ⁻³]	Hustota matrice [kgm ⁻³]	Otevřená pórovitost [% objemu]
S0	1 019	2 530	60
S1	1 124	2 495	55
S2	1 089	2 577	58

U obou modifikací S1 a S2 se tento jev projevil změnou objemové hmotnosti materiálu, která se zvýšila až o 10 %, a snížením pórovitosti. Na obrázcích 1 a 2 jsou uvedeny grafy pevnosti v tlaku a tahu za ohybu pro tři sady zkušebních těles S0, S1 a S2, a to v intervalech 2 hodiny, 1, 3, 7, 14 a 28 dní.



Obr. 1. Porovnání pevnosti v tlaku

Z výsledků je patrné, že u vzorků S1 a S2 pro časy do 7 dní se pevnost v tlaku významně nezvýšila, ovšem pevnost v tlaku po 14 a 28 dnech, která je pro posouzení dlouhodobějšího chování materiálu podstatnější, stoupla proti pevnosti vzorků S0 asi o 5 MPa. Pevnost v tahu za ohybu byla pro modifikaci S1 vyšší než pro referenční materiál S0 ve všech sledovaných časech, po 28 dnech činil rozdíl téměř 2 MPa. Materiál S2 ovšem dosáhl ve všech sledovaných časech hodnot pevnosti v tahu za ohybu srovnatelných s S0. Na základě měření pevnosti do 28 dnů se tedy jako výhodnější jevila modifikace S1.

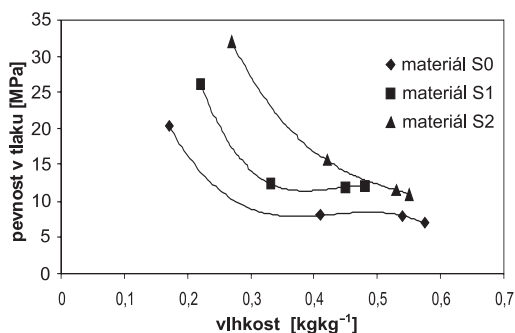


Obr. 2. Porovnání pevnosti v tahu za ohybu

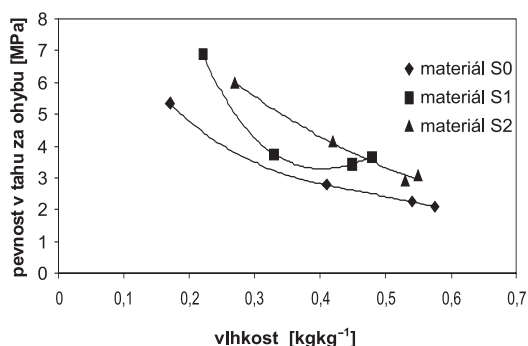
Závislost mechanických vlastností na vlhkosti pro vzorky staré 300 dní uvádějí obr. 3 a obr. 4. Je zřejmé, že u všech materiálů se vzrůstající vlhkostí klesala významným způsobem pevnost. Modifikované materiály S1 a S2 si ovšem i pro vyšší vlhkost uchovávaly výrazně vyšší pevnost než referenční materiál S0. Z hlediska dlouhodobé pevnosti se tedy ukázaly jako vhodné pro použití obě modifikace.

V tabulce 3 jsou uvedeny tepelné vlastnosti studovaných materiálů. Hodnoty byly naměřeny pro přirozeně vlhký materiál, který byl ponechán v laboratorním prostředí s průměr-

nou teplotou 25 °C a relativní vlhkostí okolo 50 %. Ukázalo se, že obě modifikace S1 a S2 měly pro tepelně technické vlastnosti energosádry poněkud negativní důsledky, ale zjištěný rozdíl nebyl z hlediska použití materiálů v praxi příliš kritický. Součinitel tepelné vodivosti u obou modifikovaných materiálů vzrostl přibližně o 15 %, objemová měrná tepelná kapacita zůstala v podstatě nezměněna. Hlavním důvodem rozdílů byla pravděpodobně menší otevřená pórovitost.



Obr. 3. Porovnání pevnosti v tlaku v závislosti na vlhkosti



Obr. 4. Porovnání pevnosti v tahu za ohybu v závislosti na vlhkosti

Tab. 3. Porovnání tepelně technických vlastností

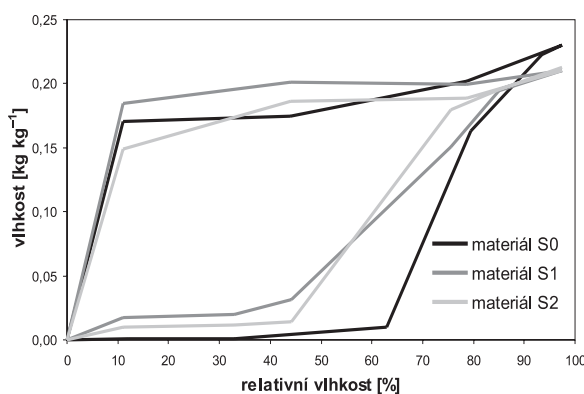
Materiál	Součinitel tepelné vodivosti [Wm ⁻¹ K ⁻¹]	Objemová měrná tepelná kapacita E+6 [Jm ⁻³ K ⁻¹]	Součinitel teplotní vodivosti E-6 [m ² s ⁻¹]
S0	0,47	1,60	0,29
S1	0,53	1,60	0,33
S2	0,54	1,61	0,33

Základní vlhkovostní transportní parametry jsou uvedeny v tab. 4. Je patrné, že průměrný součinitel vlhkovostní vodivosti měl pro všechny studované materiály řádově stejnou hodnotu. U modifikace S1 došlo ke snížení tohoto parametru o zhruba 15 %, u modifikace S2 byl rozdíl vzhledem k referenčnímu materiálu S0 jen zhruba o 3 %, tj. v podstatě zanedbatelný. I zde se tedy projevil vliv snížení otevřené pórovitosti u modifikovaných materiálů a se vzrůstající pórovitostí stoupala i hodnota průměrného součinitele vlhkovostní vodivosti. Faktor difúzního odporu zůstal pro srovnatelná prostředí stejný, z toho je patrné, že modifikace tento faktor nijak neovlivnila. V podstatě lze tedy říci, že vliv modifikací na transportní vlastnosti vody i vodní páry byl relativně malý až zanedbatelný.

Tab. 4. Porovnání základních vlhkovostních transportních parametrů

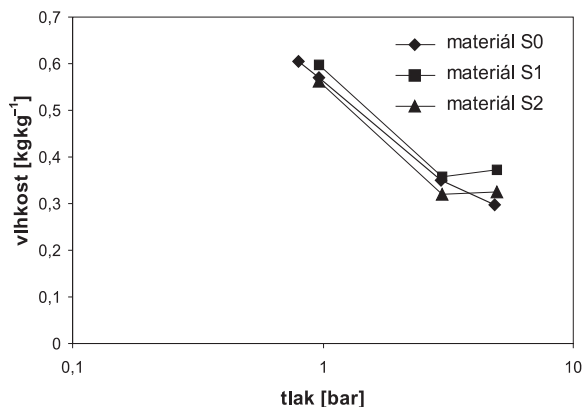
Materiál	Vlhkovostní absorpční součinitel [m ² s ⁻¹]	Průměrný součinitel vlhkovostní vodivosti [m ² s ⁻¹]	Faktor difúzního odporu [-]
S0	0,31	2,63E-07	14,3
S1	0,25	2,16E-07	14,2
S2	0,31	2,55E-07	14,5

Na obrázku 5 jsou porovnány sorpční a desorpční izotermy studovaných materiálů. Oba modifikované materiály se chovaly podobně jako referenční materiál, prudký nárůst adsorbované vlhkosti ležel za hranicí 40 % relativní vlhkosti.



Obr. 5. Sorpční a desorpční izotermy

Maximální hygroskopická hmotnostní vlhkost byla pro oba modifikované materiály nižší asi o 10 %, což opět zřejmě souvisí s nižší otevřenou pórovitostí. Desorpční izotermy klesaly s poklesem relativní vlhkosti velmi pomalu a sorpční hystereze byla velmi vysoká u obou modifikací stejně jako u referenčního materiálu.



Obr. 6. Retenční křivky vlhkosti

Retenční křivky vlhkosti určené metodou tlakové desky ukazuje obr. 6. Rozdíly v retenčních vlastnostech modifikovaných materiálů a referenčního materiálu byly zřejmě velmi malé jako u sorpčních a desorpčních izoterm. Podobně jako transportní vlastnosti vody a vodní páry nebyly ani jejich akumulací vlastnosti přidávkem plastifikátorů příliš ovlivněny.

Na základě výsledků měření mechanických, vlhkostních a tepelných vlastností energosádry modifikované plastifikátory a jejich porovnání s vlastnostmi referenční energosádry je možno konstatovat, že se podařilo nalézt dva přípravky, které lze úspěšně uplatnit v praxi. Bylo dosaženo základního účelu použití plastifikátoru, tj. dobré zpracovatelnosti při sníženém vodním součiniteli. Zároveň bylo dosaženo zvýšení pevnosti v tlaku a tahu za ohybu. V porovnání s referenčními vzorky byly přidávkou plastifikátorů poněkud ovlivněny tepelné vlastnosti, ale rozdíly nebyly z praktického hlediska významné. Vlhkostní vlastnosti se naopak mírně zlepšily nebo zůstaly téměř nezměněny. Tyto změny vlastností zřejmě souvisejí se snížením hodnot otevřené pórovitosti modifikovaných materiálů v porovnání s referenčním materiálem, k nimž došlo snížením množství zámesové vody.

Článek vznikl za podpory projektu MPO č. FT-TA3/005.

Tesárek, P. – Jiříčková, M. – Černý, R. – Rovnaníková, P.: Mechanical, Thermal and Hygric Properties of FGD Gypsum Modified by Plasticizers

This paper presents measurements of basic physical, mechanical, thermal and hygric properties of flue gas desulphurization (FGD) gypsum modified by two plasticizing additives, namely Peramin SMF20 and Melment SKW F4000. The measured results are compared with the reference data obtained for the specimens of FGD gypsum without any additives.

Literatura

- [1] Tesárek, P. – Černý, R. – Drchalová, J. – Rovnaníková, P. – Kolísko, J.: Mechanické, tepelné a vlhkostní vlastnosti nemodifikované energosádry – 1. část. Stavební obzor 5 (2004) 138–42.
- [2] Tesárek, P. – Černý, R. – Rovnaníková, P. – Kolísko, J.: Mechanické, tepelné a vlhkostní vlastnosti nemodifikované energosádry – 2. část. Stavební obzor 8 (2004) 242–250.
- [3] Bijen, J. – van der Plas, C.: Polymer-Modified Glass Fibre Reinforced Gypsum. Materials and Structures 25 (1992) 107–114.
- [4] Tazawa, E.: Effect of Self-Stress on Flexural Strength of Gypsum-Polymer Composites. Advanced Cement Based Materials 17 (1998) 1–7.
- [5] Singh, M. – Garg, M.: Glass Fibre Reinforced Water-Resistant Gypsum-Based Composites. Cement and Concrete Composites 14 (1992) 23–32.
- [6] Murat, M. – Attari, A.: Modification of Some Physical Properties of Gypsum Plaster by Addition of Clay Minerals. Cement and Concrete Research 21 (1991) 378–387.
- [7] Colak, A.: Characteristics of Acrylic Latex Modified and Partially Epoxy Impregnated Gypsum. Cement and Concrete Research 31 (2001) 1539–1547.
- [8] Colak, A.: Density and Strength Characteristics of Foamed Gypsum. Cement and Concrete Composites 22 (2000) 193–200.
- [9] ČSN 72 2301 Sádrová pojiva. ÚNM, 1979.

Tesárek, P. – Jiříčková, M. – Černý, R. – Rovnaníková, P.: Mechanische, wärme- und feuchtigkeitstechnische Eigenschaften von mit Plastifikatoren modifiziertem REA-Gips

Im Artikel wird die Messung der grundlegenden physikalischen, mechanischen, wärme- und feuchtigkeitstechnischen Parameter von REA-Gips vorgestellt, der mit Plastifikatoren, und zwar mit Peramin SMF20 und Melment SKW F4000, modifiziert worden war. Die Ergebnisse der Messung an solchermaßen modifizierten Materialien werden mit den Werten verglichen, die an Proben von REA-Gips ohne Zusätze gemessen wurden.

• zprávy

Riverside Hotel

Riverside Hotel, luxusní pětihvězdičkový hotel, který byl po výrazné rekonstrukci otevřen v listopadu 2002, spadá do portfolia Orco Hotels Collection společnosti Orco Property Group. Díky své lokalitě nabízí unikátní výhled na historické zajímavosti Prahy z téměř všech hotelových pokojů. Od ledna 2003 je členem celosvětové, vysoce exkluzivní sítě hotelů Small Luxury Hotels of the World (SLH) a Hotels et Preference, které zaručují nejvyšší standardy ubytovacích služeb.



Původně pražský secesní měšťanský dům se nachází ve vyhledávané lokalitě vltavského nábřeží. Jeho stavba byla realizována pravděpodobně v letech 1905 až 1906 stavitelem Emilem Pištěkem ze Smíchova. Uliční exteriér objektu byl pojat ve stylu pozdního eklektismu s bohatou výzdobou fasády. Z dochovaných plánů byly realizovány rozvrhy původních interiérů, které až na drobné změny odpovídají projektu. Uliční fasády v hlavním rozvrhu také odpovídají projektu, ale v některých detailech byly změněny.

V hotelu nenajdete klasickou restauraci, hostům je však k dispozici nepřetržitá pokojová služba. Pobyt ve snídaňové restauraci s nadstandardním bufetovým zázemím zpřijemuje pohled na aktuální dění ve městě snímáný a promítaný kamerou ze střechy budovy.

V současnosti hotel nabízí 45 útulných a velice luxusních pokojů, při jejichž designu byl kladen velký důraz na originalitu detailů. Design interiérů, vybavených nábytkem ve stylu belle époque od firmy Philippe Hurel, navrhovala francouzská designérka Pascal de Montrémy.

Pohodlí hostů zaručuje nejmodernější vybavení pokojů, mezi něž patří klimatizace, trezor, satelitní televize, minibar a v neposlední řadě připojení na internet.

Tisková informace

Využití mikroskopu atomových sil při studiu cementových kompozitů

Ing. Kateřina FORSTOVÁ
Ing. Jiří NĚMEČEK, Ph. D.
ČVUT – Fakulta stavební
Praha

Cílem článku je seznámit čtenáře s mikroskopií využívající k zobrazení struktur meziatomové síly. Je popsán princip činnosti mikroskopu, historie jeho vývoje, způsoby měření, možné chyby na obraze, požadavky na přípravu vzorků a možnosti jeho využití v různých odvětvích, především však ve výzkumu stavebních materiálů. Podrobně je rozebrána aplikace při výzkumu cementových kompozitů s návazností na ostatní experimentální a výpočetní metody.

Úvod

Mikroskopie atomových sil patří do skupiny metod se skenovacími čidly (Scanning Probe Microscopy – SPM). Hlavní rozdíl mezi mikroskopem atomových sil (Atomic Force Microscope – AFM) a ostatními mikroskopickými metodami je v tom, že při zobrazení pomocí AFM není zapotřebí externí zdroj částic (jako např. elektronů v elektronové mikroskopii). Je možné ho použít v různém prostředí (vzduch, vakuum) a lze jím zobrazit jak vodivé, tak nevodivé vzorky. Tyto experimentální metody slouží k zobrazení struktury povrchu v atomárním rozlišení, a to ve směru kolmém k povrchu vzorku. Mikroskop je vybaven sondou, která rastruje povrch vzorku ostrým hrotem dlouhým několik mikrometrů. Hrot průměru okolo 10 nm je umístěn na volném konci raménka dlouhém přibližně 100 μm . Vzájemné silové působení mezi hrotem a povrchem vzorku způsobuje ohyb raménka. Speciální detektor zaznamenává během změny rastrování a po jejich vyhodnocení je generována morfologie vzorku. Přístroj dosahuje až atomárního rozlišení ve směru kolmém na povrch. V rovině vzorku rozlišení závisí na velikosti hrotu. Obecně platí, že čím ostřejší je hrot, tím větší je rozlišení obrázku.

Mikroskop je optimalizován pro analýzu extrémně malých objektů v rozsahu 0,25 nm (velikost atomu uhlíku) až 80 μm (lidský vlas) [1]. Používá se k sestavení trojrozměrného obrazu povrchu vzorku s vysokým rozlišením. Tato metoda nachází široké uplatnění v různých oborech, zde se soustředíme na její využití v materiálovém inženýrství.

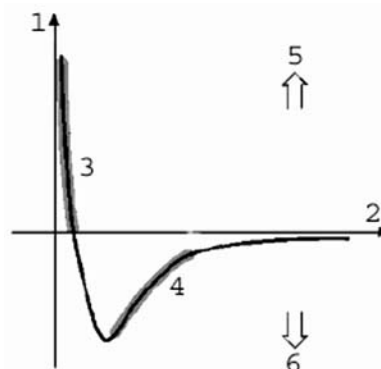
Historie

První v řadě technik využívajících skenovací sondu byla tunelovací mikroskopie (STM). Vyvinuli ji v roce 1981 v laboratořích IBM pracovníci G. Binnig a H. Rohrer. Po jejím zavedení se objevilo mnoho variant vhodných pro studium různých typů a vlastností povrchů. Vývoj směřoval ke zjednodušení konstrukce mikroskopu (původní přístroj nutně potřeboval vakuum) a k vývoji matematického aparátu pro zpracování obrazů a odstranění některých jejich chyb. Byly použity vhodnější materiály pro raménka, hroty a pro pohybová zařízení. V roce 1986 byla představena metoda AFM a Dr. Binnig za ni získal Nobelovu cenu.

Princip

Atomová mikroskopie je založena na mapování rozložení atomárních sil na povrchu vzorku. Těsným přiblížením hrotu k povrchu vzorku vzniká přitažlivá nebo odpudivá síla, která přispěje k ohnutí raménka, na němž je upevněn hrot. Na základě výchylky raménka snímané citlivým, zpravidla laserovým snímačem, je vypočítána morfologie povrchu vzorku.

Mezi hrotem, vzorkem a ohýbaným raménkem mohou působit různé síly. Nejčastěji jde o meziatomové van der Waalovy síly, popř. síly kapilární nebo síly vyvolané v nosníku. Celková síla může být odpudivá nebo přitažlivá v závislosti na vzdálenosti hrotu od vzorku. Závislost van der Waalovy síly na vzdálenosti hrotu od povrchu znázorňuje obr. 1 [2]. Podle typu působící síly lze rozlišit dva základní režimy měření – kontaktní a nekontaktní. Dalším typem může být pokleповý režim.



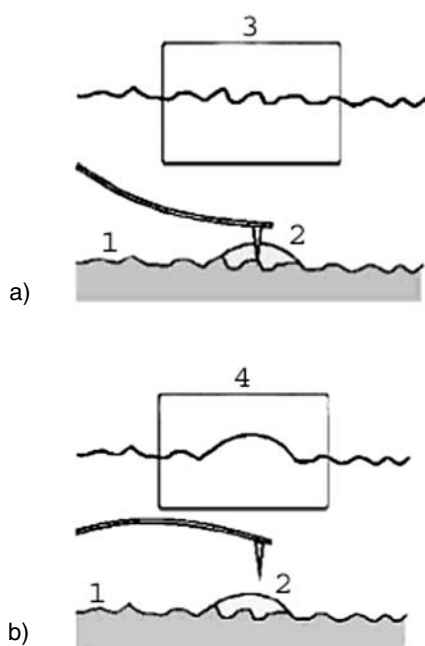
Obr. 1. Závislost meziatomové van der Waalovy síly na vzdálenosti [2]

1 – síla, 2 – vzdálenost hrotu od vzorku, 3 – kontaktní mod, 4 – nekontaktní mod, 5 – odpudivá síla, 6 – přitažlivá síla

V kontaktním režimu udržuje hrot raménka od povrchu vzorku vzdálenost menší než několik desetin nanometru a síla mezi atomy hrotu a povrchem je odpudivá. V nekontaktním režimu je hrot udržován ve vzdálenosti řádově jednotek až desítek nanometrů od povrchu vzorku a síla mezi atomy přicházejícími do interakce je přitažlivá (obr. 1). Mezi hrotem a povrchem vzorku je udržován jemný „fyzikální kontakt“. K tomuto měření se používá raménko s menší tuhostí. Odpudivé van der Waalovy síly jsou v rovnováze se silami usilujícími o přitlačení atomů blíže k sobě. V AFM to znamená, že tlačí-li raménko hrot proti povrchu vzorku, dochází spíše k ohybu raménka než k dotyku atomů vzorku a hrotu. Pouze v případě užití tuhého raménka s hrotem se uplatní přitažlivá síla mezi hrotem a vzorkem, což může způsobit deformaci a poškození vzorku. Velikost van der Waalových sil v kontaktním režimu se pohybuje řádově okolo 10^{-7} N.

Při **nekontaktním režimu** raménko s hrotem vibruje v blízkosti povrchu vzorku. Celková síla mezi hrotem a vzorkem je velmi malá, pohybuje se okolo 10^{-12} N. Výhodou tohoto režimu je snímání obrazu bez mechanického kontaktu, což umožňuje zobrazit i měkké a pružné vzorky bez jejich poškození nebo znečištění. Protože je hrot ke vzorku přitahován, musí být raménko dostatečně tuhé, aby nedošlo ke kontaktu se vzorkem a k jeho poškození. K měření se používá oscilační metoda, při které jeden konec raménka kmitá s vysokou frekvencí (stovky kilohertzů) a detekovány jsou změny v amplitudě kmitů raménka při přibližování či vzdalování hrotu od povrchu.

V kontaktním modu, který je vhodnější pro měkké vzorky, se hrot neopotrebovává tolik jako v kontaktním. U tuhých vzorků mohou obrazy povrchu v obou případech vypadat stejně. Rozdíl nastane, jestliže na povrchu tuhého vzorku kondenzuje několik tenkých vrstev vody. Kontaktní režim bude snímat skutečný povrch vzorku, zatímco v nekontaktním režimu bude obrazem povrchu vody (obr. 2).



Obr. 2. Schéma zobrazení povrchu s kapkou vody

a – kontaktního, b – nekontaktního modu; 1 – vzorek, 2 – kapka vody, 3 – snímek z kontaktního modu, 4 – snímek z nekontaktního modu

Poklepový režim je velmi podobný nekontaktnímu. Povrch vzorku je opět mapován pomocí změny rezonanční frekvence, jen rozkmit raménka je tak velký, že dochází k dotyku hrotu se vzorkem – hrot na vzorek poklepává. Jsou odstraněny třecí síly, a tím i možnost poškození vzorku, proto je tento režim u některých vzorků vhodnější než kontaktní režim. Uplatňuje se především při snímání větších ploch s členitějším povrchem.

Konstrukce

Mikroskop atomových sil se skládá z mechanické a elektrické části. Mechanickou část tvoří stolek k upevnění vzorku, polohovací zařízení a sonda (hrot a raménko). Elektrickou část tvoří napájení, zpětná vazba, sběr signálu a ovládání pohybu. Důležitou vnější součástí mikroskopu je zařízení

k tlumení vibrací (např. antivibrační stůl). Pro jeho správnou funkci má velký význam polohovací zařízení, které musí zajistit:

- makroskopický pohyb vzorku směrem k hrotu, což může být realizováno piezoelektricky nebo mechanicky (mikrometrickými šrouby);
- nanoskopický pohyb hrotu k vzorku na vzdálenost umožňující měření a výběr oblasti zkoumání – tento pohyb je zajištěn výhradně piezoelektricky.

Optický mikroskop je důležitý pro vyhledání oblasti měření a pro kontrolu práce hrotu. Počítač řídí chod AFM, sběr dat a umožňuje zpracování obrazu (obr. 3).



Obr. 3. Mikroskop atomových sil firmy DME (Laboratoře FSv ČVUT)

Artefakty obrazu a chyby měření

Ačkoli mikroskop umožňuje rekonstruovat obraz povrchu vzorku s maximální přesností, přesto má tato metoda svá omezení a úskalí. Chyby vzniklé při vytváření obrazu vzorku jsou označovány jako artefakty obrazu, ke kterým dochází při chybné interpretaci měření nebo při překročení fyzikálních bariér měření (dané např. geometrií hrotu, skeneru, vibracemi).

■ Artefakty způsobené geometrií hrotu

Při snímání dochází k ovlivňování výsledného obrazu geometrií hrotu. Například pokud měřené prvky budou mít velikost okolo 100 nm, hrot by měl mít průměr přibližně 10 nm, aby prvky správně zachytil, jinak dojde ke zkruslení. Mezi hlavní chyby patří:

- při pohybu hrotu přes objekt (např. kouli) na povrchu se objekt jeví širší, než ve skutečnosti je;
- hrot se pohybuje přes prohlubeň na povrchu vzorku a protože je příliš široký, nedosáhne dna prohlubně, která vypadá nižší a užší než ve skutečnosti (obr. 4);
- pokud je hrot několikrát větší než prvky na snímaném povrchu, mohou se na obraze opakovaně objevovat nezvyklé tvary; v tomto případě dojde k zobrazení tvaru hrotu, nikoli tvaru prvků;
- hrot může být poškozený (nalomený či prasklý), potom je úhel mezi povrchem vzorku a hrotem příliš velký a mohou vznikat chyby obrazu [3].

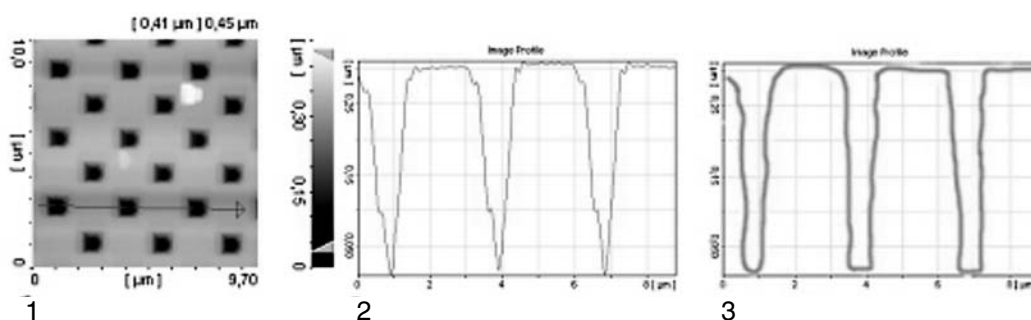
■ Ostatní artefakty

Výsledný obraz není ovlivněn jen geometrií hrotu:

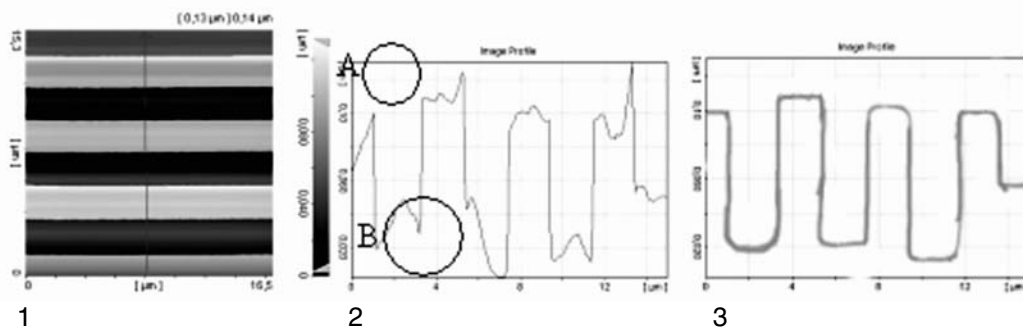
- pohyb skeneru není lineární i přesto, že přivedené napětí lineární je. V důsledku toho dochází k chybám v obrazu (hysterezi, tečení, křížové vazbě apod.). Chyby způsobené skenerem se většinou projevují současně. Některé systémy mohou tyto vady řešit softwarovou nebo hardwarovou korekcí (obr. 5);
- okolní vibrace v místnosti (např. vibrace podlahy, akustické vibrace), kde je AFM umístěn, způsobují chvění hrotu a mohou způsobit artefakty v snímku. Typicky se tyto chyby projevují jako kmitání obrazu;
- pokud je obraz špatně zpracován (např. použitím nevhodných funkcí – průměrovací funkce nebo vyhlazovací funkce i v případě, kdy jsou hrany ostré), mohou být naměřená data ještě více zkreslena a výsledný obraz nemusí odpovídat skutečnosti.

– *odrazivost*: příliš lesklé vzorky snižují viditelnost a orientaci na monitoru a nelze správně opticky identifikovat měřenou oblast.

Po spuštění přístroje hrot nejprve nalezne síly působící mezi ním a povrchem vzorku. V ovládacím programu se nastaví parametry měření (typ režimu, ve kterém se bude měřit, velikost síly, rezonanční frekvence atd.), velikost skenované oblasti (maximální plocha závisí na fyzických možnostech skeneru – např. 200 x 200 μm), počet bodů ve směru osy x a osy y , směr a rychlost skenování. Poté lze začít s vlastním snímáním obrazu. Skener se pohybuje ve směru prvního řádku rastru tam a zpět. Posune se kolmo o určitou polohu a vykoná opět posun tam a zpět. Tímto způsobem probíhá rastrování přes celou plochu. Od obvyklých rastrovacích metod se tento způsob liší v tom, že při zpátečním pohybu sonda nesnímá data, ale pohybuje se rychle zpět na výchozí pozici a na další řádek.



Obr. 4. Artefakty obrazu – vliv geometrie hrotu na správné zobrazení
1 – snímek AFM, 2 – profil ovlivněný chybou, 3 – skutečný průběh profilu



Obr. 5. Artefakty obrazu
A – vliv tečení, B – hystereze; 1 – snímek AFM, 2 – profil ovlivněný chybou, 3 – skutečný průběh profilu

Vzorek a způsob měření

Jak již bylo řečeno, popisovaná metoda je vhodná pro většinu materiálů. Přesto platí určitá omezení. Vzorek by měl vyhovovat následujícím požadavkům:

- *velikost vzorku*: tloušťka musí být menší než maximální posun mikroskopu vertikálním směrem, což je řádově několik milimetrů;
- *tvar*: vzhledem k technice měření je nutné, aby vzorek byl makroskopicky rovný nebo vypouklý, konvexní povrchy lze měřit jen ve speciálních případech; na měřeném povrchu vzorku by se neměly vyskytovat lokální nerovnosti větší několik mikrometrů;
- *fixace*: vzorek musí být upevněn, aby se při skenování nepohyboval ve směru skenování ani směrem ke hrotu, zvláště důležitý je tento požadavek pro práškové materiály (nutnost lepení, lisování apod.) nebo měkké vzorky (biologické);

Snímaná data jsou v reálném čase zobrazena pomocí ovládacího programu. Pro zpracování dat v jiných programech (např. Matlab) je možno data uložit ve formátu textových dat.

Aplikace

Využití mikroskopu se předpokládá především tam, kde je nutné určit povrchovou morfologii nejrozličnějších vzorků. To je důležité při stanovení některých, např. mikromechanických, vlastností materiálů. Výhodou je, že jde o metodu nedestruktivní, která dosahuje až atomárního rozlišení. Uplatnění najde v mnoha oborech počínaje fyzikou, chemií, biologií a medicínou konče.

Mezi nejzajímavější aplikace patří např. manipulace s biologickými preparáty nebo s atomy na povrchu vzorků a vytváření nových struktur. Nezastupitelné uplatnění však nachází i ve stavebnictví, resp. materiálovém inženýrství

jako nenahraditelný prostředek k trojrozměrnému zobrazení povrchu vzorků.

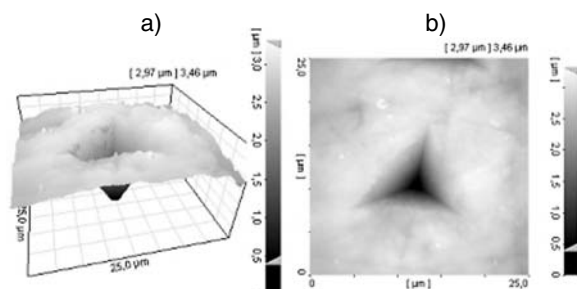
V biologii lze měřit organizmy v různých prostředích, což umožňuje zobrazování živých struktur, bakterií nebo DNA. Při práci s biologickými vzorky je největším problémem fixace vzorku. Metoda AFM byla využita i při zkoumání mikromechanických vlastností biologických systémů (tkání, buněk), např. adheze povrchu a modul pružnosti povrchu, vazebné síly buněk [4].

Další významný pokrok se podařil týmu Dr. Nakamury z japonského National Institute of Advanced Industrial Science and Technology. Hrotem AFM pronikli až do buněčného jádra, aniž buňky jakkoli poškodili. Znamená to, že je možné provádět operace s jednotlivou buňkou, např. odebrání či vkládání jednotlivých organel nebo makromolekul [5].

Možnost zobrazovat objekty atomární velikosti a přesné polohování lze využít i k manipulaci s atomy. Je možné měnit strukturu povrchu na nanoúrovni, a vytvářet tak materiály s požadovanými vlastnostmi. Hrotem lze „psát“ na povrch vzorku – toto zpracování může být považováno za způsob litografie. Jednotlivé atomy lze i „tlačit“ před hrotem, a vytvářet tak nové struktury. Již v polovině osmdesátých let dvacátého století vytvořila firma IBM své logo z 35 atomů xenonu. Byla k tomu použita právě AFM. Xenon je inertní plyn a neváže se, proto lze dobře využít technologii „zvedni a přesuň“. Ta spočívá v „uchycení“ jednotlivých atomů na hrot a jejich přesunutí na požadované místo.

Ve stavebnictví byly zkoumány povrchové charakteristiky čisté cementové pasty a pasty s různými příměsmi (křemičitými úlety, popílky) [6]. Ukázalo se, že čistá cementová pasta vytváří hladký povrch, zatímco příměsi způsobují na jejím povrchu různé deformace. Skenovací elektronový mikroskop nestačil ke stanovení těchto tvarů, proto musel být použit AFM. V další studii [7] byl zkoumán vztah mezi velikostí zrn cementové pasty v závislosti na relativní vlhkosti okolního prostředí. Bylo zjištěno, že při zvyšující se vlhkosti se zmenšuje velikost zrn a povrch vzorku se tím vyhlazuje.

Metodou AFM byl v reálném čase zkoumán proces karbonatace betonu na povrchu vzorku [8]. Je možné ji použít nejen pro cementové kompozity, ale i pro jiné materiály, např. pro stanovení morfologie povrchu a přilnavosti koloidních částic k oceli. Při výzkumu byla stanovena drsnost povrchu různých typů ocelí a přilnavost polymerních latexových částic k jejich povrchu. Z výsledků vyplývá, že přilnavost roste se snižující se drsností povrchu [9].



Obr. 6. Snímek indentu v cementové pastě
a – trojrozměrný, b – dvojrozměrný

Na Fakultě stavební ČVUT se mikroskop využívá především ke stanovení doplňkových materiálových charakteristik cementových kompozitů, převážně cementové pasty. Pro určení její porozity lze využít rtuťovou porozimetrii nebo obrazovou analýzu, pro určení mikromechanických vlastností cementového kompozitu metodu nanoindentace, která

se osvědčila jako další technika vhodná k interpretaci dat.

Nanoindentace je proces, pomocí něhož lze určit mechanickou odezvu materiálu a vypočítat např. modul pružnosti pro oblast menší než mikronové velikosti. Princip spočívá v zatlačování miniaturního diamantového hrotu do materiálu, přičemž je známa síla působící na vzorek, hloubka zatlačení, zatěžovací a odtěžovací křivka. Z těchto hodnot lze odvodit pružné vlastnosti materiálu [10]. Po odtižení zanechá hrot nanoindenteru v materiálu otisk. Pro stanovení nepružných deformací materiálu je nutné znát přesný tvar tohoto otisku a jeho okolí. Tvar lze velmi dobře určit pomocí AFM, který dokáže z naměřených dat zrekonstruovat jeho trojrozměrný model (obr. 6).

Další z důležitých studií se týká samotné přípravy vzorků pro nanoindentaci nebo elektronovou mikroskopii. Pro tyto metody je důležité zajistit hladký a rovný povrch s minimální hrubostí, která odpovídá např. hloubce vpichu. Hrubost povrchu vzorků v okolí indentu musí dosahovat řádově jen desítky až stovky nanometrů.

Byl studován vliv různých povrchové úpravy vzorků, a to řez přesným diamantovým kotoučem, strojové broušení a ruční leštění na brusném papíru různé zrnitosti. Každý vzorek byl skenován několikrát na různých místech (vždy plocha 100 x 100 μm) a výsledky byly zpracovány statisticky. K hodnocení drsnosti povrchu se používají charakteristiky definované v ISO 4287–1997 [11]:

a) rozdíl maximální a minimální výšky na skenované ploše

$$S_y = \max(\eta) - \min(\eta);$$

b) směrodatná odchylka výšek S_q , tzv. RMS,

$$S_q = \sqrt{\frac{1}{M \cdot N} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N (\eta)^2},$$

kde N je počet bodů v ose x , M počet bodů v ose y a η výška v bodě.

Z experimentu vyplynulo, že pokud vzorek bude uříznut diamantovým kotoučem, rozsah hodnot ve směru kolmém na jeho rovinu bude v řádu desítek mikrometrů. Pokud bude ještě strojově zbroušen, jeho povrch se vyhladí o přibližně 10 %. Bude-li poté ještě ručně vyleštěn na brusném papíru, jeho povrch se vyhladí přibližně o 70 až 80 % proti původnímu. Výsledky studie shrnuje tab. 1. Metodou AFM lze stanovit i plochy na povrchu vzorku, kde hodnoty S_y a S_q dosahují lokálně ještě nižších hodnot. Takové plochy se používají např. pro nanoindentaci.

Tab. 1. Drsnost povrchu

Povrchová úprava	Charakteristiky	
	S_y [mm]	S_q [nm]
řez diamantovým kotoučem	6,98	901,98
strojové broušení na brusném papíru	6,15	864,85
ruční leštění na brusném papíru	2,05	157,53

Závěr

Článek popisuje princip činnosti mikroskopu atomových sil. Je poukázáno na souvislosti mezi jeho konstrukcí, různými způsoby měření a výsledným obrazem. Výsledkem měření je pro řadu aplikací trojrozměrný obraz povrchu vzorku. Metodu lze použít i pro manipulaci s atomy na povrchu vzorku nebo na úrovni buněčných jader. Byla uvedena celá řada aplikací s důrazem na její význam pro materiálové inženýrství ve stavebnictví.

Príspevek vznikl v rámci výzkumných záměrů MSM6840770003.

Literatura

- [1] Informační materiály firmy Pacific Nanotechnology, www.pacificnanotech.com
- [2] Kubínek, R. – Vůjtek, M. – Holubová, R.: Mikroskopie atomárních sil. Matematika – fyzika – informatika, 10 (2001), 536–547.
- [3] West, P. – Starostina, N.: A Guide to AFM Image Artifacts. Pacific Nanotechnology, 2003.

- [4] Bowen, W. R. – Lovitt, R. W. – Wright, C. J.: Application of Atomic Force Microscopy to the Study of Micromechanical Properties of Biological Materials. Biotechnology Letters 22 (2000), 893–903.
- [5] Nové využití AFM, (2004), www.veda.cz
- [6] Papadakis, V. G. – Pederssen, E. J. – Lindgreen, H.: An AFM-SEM Investigation of the Effect of Silica Fume and Fly Ash on Cement Paste Microstructure. Journal of Materials Science 34 (1999), 683–690.
- [7] Yang, T. – Keller, B. – Magyari, E.: AFM Investigation of Cement Paste in Humid Air at Different Relative Humidities. J. Phys. D: Appl. Phys. 35 (2002), 25–28.
- [8] Yang, T. – Keller, B. – Magyari, E.: Direct Observation of the Carbonation Process on the Surface of Calcium Hydroxide Crystals in Hardened Cement Paste Using an Atomic Force Microscope. Journal of Materials Science 38 (2003), 1909–1916.
- [9] Bowen, W. R. – Lovitt, R. W. – Wright, C. J.: Atomic Force Microscope Studies of Stainless Steel: Surface Morphology and Colloidal Particle Adhesion. Journal of Materials Science 36 (2001), 623–629.
- [10] Oliver, W. C. – Pharr, G. M.: An Improved Technique for Determining Hardness and Elastic Modulus Using Load and Displacement Sensing Indentation Experiments. J. Mater. res. 7 (1992), 1564–1583.
- [11] ISO 4287-1997 Geometrical Product Specifications (GPS) – Surface Texture: Profile Method – Terms, Definitions and Surface Texture Parameters.

Forstová, K. – Němeček, J.: The Use of the Atomic Forces Microscope for Investigation of Cement Composites

This article is aimed to introduce microscopy employing interatomic forces for representation of structures. It describes the principle of the performance of the microscope, history of its development, measurement methods, potential errors in the representation, demands on the preparation of samples, and its possible applications in various fields, above all in the research into building materials. Further, it analyzes AFM uses in the investigation of cement composites in relation to other experimental and calculation methods.

Forstová, K. – Němeček, J.: Nutzung eines Atomkraftmikroskops (AFM) zum Studium von Zementkomposita

Ziel des Artikels ist es, den Leser mit der Mikroskopie bekannt zu machen, welche die zwischen den Atomen wirkenden Kräfte zur Abbildung von Strukturen nutzt. Es werden das Arbeitsprinzip des Mikroskops, seine Entwicklungsgeschichte, die Messarten, mögliche Fehler im Bild, die Anforderungen an die Vorbereitung der Präparate und die Möglichkeiten seiner Anwendung in verschiedenen Zweigen, vor allem jedoch bei der Untersuchung von Baumaterialien, beschrieben. Ausführlich wird die Anwendung des AFM bei der Untersuchung von Zementkomposita mit Anknüpfung an die übrigen Versuchs- und Berechnungsverfahren analysiert.

• zprávy



přichází s doživotní zárukou

Unikátnost konceptu, který společnost Hilti počátkem února představila zákazníkům, spočívá v šíři poskytovaných služeb. S nákupem stroje firemní značky získá zákazník doživotní záruku na výrobní vady. Až po dobu dvou let od data pořízení, v závislosti na druhu stroje, společnost zdarma opraví všechny závady vzniklé opotřebením. V případě opravy po uplynutí tohoto období zákazníci zaplatí předem stanovený cenový limit, a to po celou dobu zbývající životnosti stroje, i když jde o generální opravu. Pokud bude cena opravy nižší než tento limit, zákazník zaplatí jen skutečnou cenu opravy. Jakákoli další oprava stroje v následujících šesti měsících je bezplatná.

Nárok na využití služby získává zákazník automaticky s nákupem stroje. Při potřebě opravy není třeba předkládat doklad o jeho koupi nebo ho předem registrovat. Stroj určený k opravě je přepraven do servisu i zpět k zákazníkovi zdarma do 48 hodin, stačí zavolat na bezplatnou zelenou linku.

Společnost Hilti dodává na stavební trh po celém světě vrtací, sekací, bourací, upevňovací a laserovou techniku a další systémy a služby, které stavebnictví poskytují inovativní řešení a jasnou přidanou hodnotu. Roční obrat přesahuje 3 mld. švýcarských franků. Firemní kultura společnosti Hilti, která zaměstnává 15 tis. zaměstnanců ve více než 120 zemích, je založena na integritě, odvaze, týmové práci a závazku dosáhnout vytčených cílů. Centrála společnosti se nachází v Lichtenštejnsku.

Tisková informace

Oceňování zemních prací

Ing. Lenka JANOUŠKOVÁ
Ing. Dana ČÁPOVÁ
ČVUT – Fakulta stavební
Praha

Článek se zabývá faktory, které mohou ovlivnit způsob provádění zemních prací, a tím i jejich cenu.

Stávající ceníky směrných cen stavebních prací oddílu „Zemní práce“ člení horniny do tříd 1–7. Ve skladbách položek v třídách horniny 4–7 jsou zachyceny zastaralé technologie, např. trhací práce, odstřely. V oceňovacích podkladech zcela chybí položky pro zemní práce prováděné hydraulickými, pneumatickými kladivý. V současnosti je již nemyslitelné používat ke skalním pracím trhavin, např. v domovních prolukách. Také podíl ručních prací je minimalizován.

Kromě výkonnějších strojů (*tab. 1*) ovlivňují způsob provádění zemních prací, a tím i jejich cenu, další faktory. Jedním z nich je hloubka výkopu. Je pochopitelné, že pro jámu o hloubce 3 m navrhne a na stavbě použijeme jinou skladbu strojů než pro jámu o hloubce 10 m. Při určování hloubky výkopu, kalkulací a návrzích skladby strojů vycházíme z poznatků praxe. Rozhodující se jeví hloubka 4 m, která postačuje pro jedno podzemní podlaží a většina strojů do ní bez problémů dosáhne.

Dalším kritériem, ovlivňujícím cenu zemních prací, je pažení. Dosud používané členění výkopu na pažené a nezařízené odpovídá současným potřebám. Pokud je možné do jámy hlubší než 4 m vybudovat sjezd, není rozhodující, zda je jáma zapažená. Jestliže však sjezd není možný (pro malé plošné rozměry, stavbu v proluce), stává se pažení spolu s hloubkou jedním z rozhodujících faktorů. Pro výkop v jámě nezařízené, vysvahované se sjezdem, není hloubka rozhodující. U jámy zapažené, bez sjezdu, by hloubka výkopu měla být rozhodující, optimální rozlišovací hranice je opět 4 m.

Horniny tříd 1–4 není třeba rozpojovat. Členění zemních prací prováděných stroji s rozlišením na hloubení ve třídách těžitelnosti 1 a 2, 3, 4, popř. 5, je v cenících zbytečně podrobné a dá se sloučit v jedinou položku. V zapažených

výkopech je práce obtížnější, což se projeví v kalkulacích potřebných normohodin strojního vybavení a strojohodin pracovníků. Jedinou položkou ovlivňující rozdílnost tříd hornin 1–4 je příplatek za lepivost, kde určujícím faktorem je koeficient nakypřenosti hornin jednotlivých tříd těžitelnosti.

Skalní horniny tříd 5–7 se rozpojují rozrýváním, rozlamováním a odstřelem, teprve potom následuje těžba. Mezi skalní práce patří především výlomy pro zakládání objektů, zářezy a odřezy pro liniové stavby a inženýrské sítě [1]. Pro úplnost je nutné dodat, že výkonná těžká rypadla jsou schopna rozpojovat a těžít horniny i tříd 5 a 6. Jde především o volbu technologie a strojů podle možností stavby nebo stavební firmy. Pro rozpojování těchto hornin je možné používat trhavin, mechanické a zvláštní způsoby. Ve stávajících rozpočtových programech je kalkulována technologie hloubení jam trhavinami. Mechanické rozrývání a těžba kladivý upevněnými na strojích určených pro zemní práce ve směrných cenách chybí a měly by být doplněny jako nové položky. Stanovení optimálního postupu trhacích prací má zásadní vliv na celkové náklady. Při klasické technologii se donedávna ponechávala nad základovou spárou deska pro ruční dolom tl. 1 až 1,5 m. Účelem bylo co nejméně narušit základovou spáru. Tento postup však byl velmi pracný, časově a finančně náročný. V současné době, pokud se trhavin vůbec používají, volí se moderní technologie řízeného výlomu. Dosáhne se jimi stejného výsledku v kratším čase a s menší pracností. V databázích rozpočtových programů jsou zaneseny technologie trhacích prací, použití trhaviny je však možné uplatnit převážně v extravilánu, mimo obydlené zóny. V intravilánu se používá mechanické rozpojování hornin, převážně strojově. Jako přídatná zařízení montovaná na výložník se používají mobilní a stacionární stavební stroje.

Hydraulickým bouracím kladivem se rozumí zařízení využívající hydraulický zdroj energie nosiče (někdy pomocí plynu) pro zrychlení pístu, který pak naráží na nástroj [2]. Rázová vlna vybuzená tímto kinetickým dějem se přenáší do materiálu a způsobuje jeho destrukci. Kladiva se mohou používat k drcení pevných materiálů vysoké třídy těžitelnosti.

Tab. 1. Stroje pro zemní práce a jejich použití

Mechanismus	Výrobní operace						
	rozpojování	nabírání	doprava	hnutí	nakládání	vykládání, ukládání	zarovnání
rypadla	x	x	x		x	x	
dozery	x			x		x	x
nakladače	x	x	x		x	x	x
skrejpry	x	x	x			x	x
grejdry	x			x			x
dumpřy			x			x	
nákladní auta			x			x	

nosti hornin (5–7), betonu, asfaltu, strusky i na stavebních strojích hmotnosti 0,5 až 50 t. Díky speciální sadě ventilů je možné je připevnit na veškeré typy nosičů. Výhody rychloupínacích zařízení se projevují tam, kde je nutné často měnit pracovní nástroje, např. kladivo pro rozpojování a lopatu pro nakládání. Výběr vhodného typu je ovlivněn:

- hydraulickým výkonem nosiče, zajišťujícím čerpaným množstvím oleje technicky a ekonomicky správné přiřazení kladiva k nosiči;
- provozní hmotností nosiče, zajišťující dostatečnou stabilitu a přítlačnou sílu pro optimální práci kladiva.

Tab. 2. Stroje v závislosti na druhu a umístění výkopu

Výkop	Rypadlo s lopatou			Rýhovač	Kolový nakladač	Rypadlo+nakladač na podvozku	Pásový nakladač	Dozer	
	hloubkovou	výškovou	nakládací					kolový	pásový
stavební jáma	x	x	x		x	o	x		
stavební rýha	x			x		x			
stavební šachta	x								
plošná vykopávka					o		o	x	x
odkopávka	o	x	x		x	x	x		o
prokopávka	x	x	x		x	x	x		

Základní faktory pro optimální nasazení kladiva:

- terénní podmínky omezující maximální přípustnou hmotnost nosiče;
- dosah výložníku nosiče rozhoduje o bezpečnosti obsluhy i strojního zařízení před létajícími úlomky.

Při pracích v obytných, lázeňských a klidových zónách je nutné používat speciální typy. Pryžová pouzdra, izolační tlumicí hmoty a opláštění pracovního nástavce pryžovým vedením snižují hluk až o polovinu proti standardnímu provedení. V dostupných databázích programů pro oceňování zemních prací není zatím tato technologie zachycena. Rozrušování hornin bouracími kladivy by tedy mělo být do těchto zdrojů doplněno.

Ruční práce se uplatní pouze tam, kde vzhledem k objemu prací nebo v místech, která nejsou přístupná pro mechanizaci, by bylo nasazení strojů neekonomické. V nezbytných případech se používají ruční sbíjecí a bourací kladiva hmotnosti 15 až 30 kg s pneumatickým, hydraulickým, elektrickým nebo benzinovým pohonem.

Zemní práce jsou v oceňovacích podkladech rozděleny i podle množství, a to do 100 m³, do 1 000 m³, do 10 000 m³, do 30 000 m³ a přes 30 000 m³. Z praxe je známo, že náklady na 1 m³ vytěžené zeminy se mění do 5 000 m³. Při hloubení nad 5 000 m³ jsou konstantní, takže další členění je zbytečné.

Nepominutelným nákladem je naložení a transport vytěžené zeminy, ovlivňovaný vzdáleností a přesunem výkopku na odvozních prostředcích na deponie, mezideponie nebo skládky. Transportní vzdálenosti dělíme na velmi krátké (10–30 m), krátké (30–90 m), střední a dlouhé. U velmi krátkých a krátkých se používají stroje, které zeminu těží (v případě dozeru hrnou), odpadá nakládání a odvoz. U středních a dlouhých vzdáleností je třeba nakládku a odvoz výkopku nákladními auty připočítat, což se projeví ve složení sestavy strojů i lidí (tab. 2).

Literatura

- [1] ČSN 73 3050 Zemní práce. ČSNI, 1999.
[2] Nařízení vlády č. 9/2002 Sb. ze dne 21. listopadu 2001.

Janoušková, L. – Čápová, D.: Costing of Earthworks

This article deals with factors which may affect methods of performing earthworks and their cost.

Janoušková, L. – Čápová, D.: Bewertung von Erdarbeiten

Der Artikel befasst sich mit den Faktoren, welche die Art der Ausführung von Erdarbeiten und damit deren Preis beeinflussen können.



**Zdraví, bezpečnost, prevence a vzdělávání
pracujících na stavbách**

24.–29. dubna 2006, Paříž

www.intermat.fr

Test kompetentnosti expertů

Ing. Eduard HROMADA
doc. Ing. Anna KADLČÁKOVÁ, CSc.
 ČVUT – Fakulta stavební
 Praha

Příspěvek se zabývá problematikou výběru vhodné hodnotící komise pro posouzení a hodnocení nabídek ve veřejné soutěži.

Při diskusi o novém zákonu o veřejných zakázkách je opomíjen význam složení komise pro posouzení a hodnocení nabídek ve veřejné soutěži. V připravovaném znění zákona je veřejný zadavatel limitován při rozhodování o jejím složení pro posouzení a hodnocení nabídek v otevřeném nebo užším řízení pouze několika kritérii. Minimální počet členů komise musí být dodržen v závislosti na výši budoucího peněžitého závazku. Odborná způsobilost k předmětu veřejné zakázky musí být prokázána nejméně u třetiny jejich členů.

Z připravovaného znění zákona tak vyplývá, že majoritní část komise mohou tvořit osoby s libovolnou kvalifikací, které zadavateli veřejné zakázky doručí prohlášení o své nepodjatosti ve vztahu k veřejné zakázce a uchazečům. Vzhledem k tomu, že komise rozhoduje většinou hlasů přítomných členů, je na místě se domnívat, že konečný výběr nejvhodnější nabídky je významně ovlivněn právě členy, u kterých zákon nepožaduje ani minimální odbornou způsobilost k předmětu veřejné zakázky.

Tento článek si klade za cíl ukázat veřejným zadavatelům přístup, jak lze postupovat při sestavování kvalifikované a způsobilé komise pro posouzení a hodnocení nabídek ve ve-

řejné soutěži. Pro názornost je ukázáno použití testu kompetentnosti expertů na konkrétním příkladu – veřejné soutěži na dodávku deseti osobních automobilů střední třídy.

Test kompetentnosti expertů spočívá v ověření znalostí a zkušeností potenciálních členů komise. Respondentům jsou rozeslány dotazníky s otázkami, které mají ověřit jejich kompetentnost pro hodnocení konkrétní veřejné zakázky. Otázky musejí být vyjádřeny v obecných termínech, nesmějí obsahovat nejednoznačné formulace a musejí zabezpečit srovnatelné odpovědi jednotlivých expertů (tab. 1). Tyto podmínky je třeba dodržet vzhledem k následnému matematickému zpracování odpovědí.

Pro hodnocení vyplněných dotazníků lze využít například pětibodovou stupnici. Je důležité si uvědomit, že ve skutečnosti ani jeden respondent není způsobilý odpovědět na všechny otázky. V případě, že určitou otázku nezodpoví, je jeho odpověď ohodnocena nulovým počtem bodů. Tabulka 2 ukazuje výslednou matici odpovědí respondentů.

Tab. 2. Matice odpovědí expertů

Respondent	Otázka					
	1.	2.	3.	4.	5.	6.
č. 1	5	5	4	4	5	4
č. 2	2	2	3	1	0	0
č. 3	0	0	0	3	2	2
č. 4	4	5	3	3	5	5
č. 5	3	4	4	4	3	3

Tab. 1. Zjednodušený příklad souboru otázek

Specializace	Otázka	Otázka
Provozní náklady	1.	Sestavte výčet nejvýznamnějších nákladů spojených s údržbou vozidel. Uveďte jejich roční orientační hodnotu.
	2.	Popište předpokládaný vývoj ceny pohonných hmot v následujících letech.
	3.	Uveďte a zdůvodněte, kterou značku a typ vozidel spojujeme v České republice s nejnižšími servisními náklady.
Technické parametry vozidel	4.	Vysvětlete rozdíl mezi pasivní a aktivní bezpečností vozidel.
	5.	Uveďte opatření, jimiž lze prodloužit fyzickou životnost osobního automobilu.
	6.	Uveďte technické parametry osobních automobilů, které jsou v současné době hlavním předmětem vývoje.

Současně s dotazníkem dostanou respondenti k vyplnění tabulku znalostí experta (tab. 3). Do ní zaznamenají úroveň svých znalostí a zkušeností ve specializacích, které dotazník zkoumá. Toto sebehodnocení způsobilosti je přípustné, protože jde o anonymní šetření. Pro objektivní posouzení vlastních schopností je žádoucí, aby byli respondenti seznámeni s vlastním hodnocením ostatních účastníků, např. z předchozích šetření.

Tab. 3. Tabulka znalostí experta

Respondent č. 1	Úroveň znalostí (1 až 10 bodů)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Specializace	provozní náklady									x
	technické parametry vozidel								x	
	údržba vozidel								x	
	obchodování s vozidly						x			

• ČVUT



Mince pro českou techniku

Česká národní banka vydala k 250. výročí narození F. J. Gerstnera a k 200. výročí zahájení výuky na pražské polytechnice do oběhu pamětní stříbrnou dvousetkorunu. Na líci mince jsou symboly techniky, název státu, označení její nominální hodnoty, text „Zahájení výuky na pražské polytechnice 1806–2006“ a značka mincovny. Na rubu je portrét F. J. Gerstnera se jménem a letopočty 1756–2006, doplněné značkou autora výtvarného návrhu. Minci razila Česká Mincovna v Jablonci nad Nisou.

portrét. Do třetího kola postoupily tři návrhy, které komise posoudila jako nejlepší po výtvarné a technické stránce i z hlediska výstižnosti námětu. Na doporučení poradců postoupil do tohoto kola také návrh akademické sochařky Majky Wichnerové, který za komplexní vyjádření Gerstnerovy profesionální osobnosti získal mimořádnou odměnu.

První cenu a doporučení k realizaci přiznala komise jednomyslně návrhu Vojtěcha Dostála, DiS, za vynikající portrét, který kromě Gerstnerovy podoby a charakteru velmi



Do celostátní soutěže předložilo 29 autorů 50 návrhů, jeden s alternativní lícní a tři s alternativní rubovou stranou. Komise pro posuzování návrhů na české peníze hodnotila jednotlivá podání v rámci tří kol. V prvním kole bylo pro technické nebo výtvarné nedostatky, a zejména pro malou výstižnost námětu nebo neodpovídající Gerstnerovu podobu, vyřazeno třicet návrhů. Ve druhém kole získalo základní odměnu čtrnáct tematicky, výtvarně i technicky zdařilejších návrhů a dva návrhy obdržely zvýšenou odměnu za originální výtvarné řešení, resp. za velmi zdařilý

dobře vystihuje dobu, v níž žil a působil, dále za jedinečnou kompozici písma i jeho typ a ztvárnění, za perfektní soulad obou stran, originální řešení technických prvků aversu a za celkovou čistotu provedení. Druhá cena udělena nebyla. Třetí, zvýšenou cenu, komise shodně přiznala návrhu autorky Emöke Szilvy za velmi dobré a zajímavé zpracování portrétu, a rovněž návrhu akademického sochaře Jiřího Harcuby za originální pojetí a výstižnou stylizaci portrétu a za celkovou kompozici rubové strany.

Tisková informace

České vysoké učení technické v Praze
University of Strathclyde
Inženýrská akademie ČR

pořádají

mezinárodní konferenci s prezentací výsledků ze širokého spektra technických oborů
se zaměřením na návrhové metody

AED 2006 – Advanced Engineering Design

11. – 14. června 2006





České vysoké učení technické v Praze

Informace:







doc. Ing. Ivan Fořt, DrSc., fort@vc.cvut.cz, 224 353 633, 224 352 713

Doprovodný program Stavebních veletrhů Brno 2006





25. 4. 2006

- | | | |
|---|---------------|--|
|  | 10.00 – 15.00 | Inteligentní dům
konference o systémové integraci v budovách i v domácnostech
pavilon A3, sál Morava |
|  | 10.00 – 13.00 | Energie v budovách a jejich certifikace
seminář Společnosti pro techniku prostředí Brno
administrativní budova BVV, sál 102 |
|  | 14.00 – 17.00 | Věda, výzkum, jakost ve stavebnictví
výzkum a jeho aplikace jako prostředek pro zvýšení konkurenceschopnosti stavebních podnikatelů
Kongresové centrum, sál B |
|  | 16.00 – 17.30 | Setkání podnikatelů Slovenské a České republiky
Téma: Podnikatelské prostředí v oblasti stavebnictví v ČR a SR
pavilon E, sál Business Centre II |



26. 4. 2006

- | | | |
|---|---------------|---|
|  | 8.00 – 15.00 | Den ocelových konstrukcí
Téma: Architektura a ocel
Doprovodná akce: VI. přehlídka a výstava diplomových prací absolventů vysokých škol architektury pořádaná pravidelně Českou komorou architektů
pavilon E, Presscentrum |
|  | 8.30 – 12.30 | Cena a životní cyklus stavebního díla
pracovní seminář se zaměřením na tvorbu ceny během životního cyklu stavebního díla
Kongresové centrum, sál B |
|  | 10.00 – 13.00 | Setkání držitelů značek Czech Made
pavilon E, Business Center II |
|  | 13.00 – 18.00 | Mezinárodní trendy ve stavebnictví na bázi dřeva
konference a slavnostní vyhlášení výsledků soutěže „Dřevěný dům“
Kongresové centrum, sál A |
|  | 13.30 – 15.30 | Prezentace vítězných prací studentské soutěže
pavilon A3, sál Morava |
|  | 15.00 – 19.00 | Stavba Jihomoravského kraje – vyhlášení výsledků soutěže
pavilon Brno |

27. 4. 2006

- | | | |
|---|--------------|---|
|  | 8.00 – 20.00 | MOSTY – 11. mezinárodní sympozium
nejnovější poznatky související s mosty pozemních komunikací a drážními mosty
v České republice i v zahraničí
hotel Voroněž |
|  | 8.30 – 15.00 | Tepelná čerpadla v praxi
mezinárodní konference
Kongresové centrum, sál A |
|  | 9.00 – 18.00 | Kongres o materialitě povrchových ploch architektury klasické moderny
pavilon A3, sál Morava |
|  | 9.00 – 16.00 | Nový zákon o zadávání veřejných zakázek
Kongresové centrum, sál C |

28. 4. 2006

- | | | |
|---|--------------|--|
|  | 8.00 – 14.00 | MOSTY – 11. mezinárodní sympozium
hotel Voroněž |
|  | 9.00 – 18.00 | Kongres o materialitě povrchových ploch architektury klasické moderny
pavilon A3, sál Morava |

STAVEBNÍ OBZOR

ROČNÍK 15 ČÍSLO 05/2006

Navigace v dokumentu

OBSAH

Lemák, D. – Konečný, I. Odstranění znečišťování z vnějšího povrchu vysokého komína	129
Zuda, L. – Černý, R. – Drchalová, J. Vlhkostní a tepelné parametry alkalicky aktivované strusky s elektroporcelánem	134
Žamberský, M. – Svoboda, P. Technologie výroby, vlastností a využití geopolymerního betonu	138
Tesárek, P. – Černý, R. – Rovnaníková, P. Mechanické, tepelné a vlhkostní vlastnosti energosádry modifikované hydrofobizátory	141
Pavlík, Z. – Jiříčková, M. – Fiala, L. – Černý, R. Tepelná vodivost materiálů na bázi minerální vlny částečně nasycených vodou	144
Wasserbauer, R. Řasy na stavebních objektech	149
Šlezinger, M. Návrh stabilizace břehů "armovanou zemní konstrukcí"	153
Peterková, V. Anglicko-český slovník ekologie a životního prostředí III	156

2 • 2006

ročník 15

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. – Konečný, I.
Odstranění znečišťování z vnějšího povrchu vysokého komína 129

Zuda, L. – Černý, R. – Drchalová, J.
Vlhkostní a tepelné parametry alkalicky aktivované strusky s elektroporcelánem ... 134

Žamberský, M. – Svoboda, P.
Technologie výroby, vlastností a využití geopolymerního betonu ... 138

Tesárek, P. – Černý, R. – Rovnaníková, P.
Mechanické, tepelné a vlhkostní vlastnosti energosádry modifikované hydrofobizátory 141

Pavlík, Z. – Jiříčková, M. – Fiala, L. – Černý, R.
Tepelná vodivost materiálů na bázi minerální vlny částečně nasycených vodou 144

Wasserbauer, R.
Řasy na stavebních objektech 149

Šlezinger, M.
Návrh stabilizace břehů „armovanou zemní konstrukcí“ 153

Peterková, V.
Anglicko-český slovník ekologie a životního prostředí III 156

CONTENT

Lemák, D. – Konečný, I.
Removal of Impurities from the Outer Surface of a High Chimney 129

Zuda, L. – Černý, R. – Drchalová, J.
Hygric and Thermal Properties of Alkali Activated Slag with Electrical Porcelain 134

Žamberský, M. – Svoboda, P.
Production Technology, Characteristics and Exploitation of Geopolymer Concrete 138

Tesárek, P. – Černý, R. – Rovnaníková, P.
Mechanical, Thermal and Hygric Properties of FGD Gypsum Modified by Hydrophobizers 141

Pavlík, Z. – Jiříčková, M. – Fiala, L. – Černý, R.
Thermal Conductivity of Partially Water Saturated Materials on Mineral Wool Basis 144

Wasserbauer, R.
Algae on Building Structures 149

Šlezinger, M.
Design of Stabilization of Banks with a „Reinforced Earth Structure“ 153

Peterková, V.
English-Czech Dictionary of Ecology and Environment III 156

INHALT

Lemák, D. – Konečný, I.
Beseitigung von Verunreinigungen von der Außenoberfläche eines hohen Schornsteins 129

Zuda, L. – Černý, R. – Drchalová, J.
Feuchtigkeits- und wärmetechnische Parameter alkalisch aktivierter Schlacke mit Elektroporzellan 134

Žamberský, M. – Svoboda, P.
Herstellungsweise, Eigenschaften und Anwendung von Geopolymerbeton .. 138

Tesárek, P. – Černý, R. – Rovnaníková, P.
Mechanische, wärme- und feuchtigkeitstechnische Eigenschaften von mit Hydrophobierungsmitteln modifiziertem REA-Gips .. 141

Pavlík, Z. – Jiříčková, M. – Fiala, L. – Černý, R.
Wärmeleitfähigkeit von teilweise mit Wasser gesättigten Materialien auf der Basis von Mineralwolle 144

Wasserbauer, R.
Algen an Bauwerken 149

Šlezinger, M.
Vorschlag für die Befestigung von Ufern mit einer „bewehrten Erdkonstruktion“ 153

Peterková, V.
Englisch-Tschechisches Wörterbuch der Ökologie und der Umwelt III 156

REDAKČNÍ RADA

Předseda:

prof. Ing. Jiří STUDNIČKA, DrSc.

Místopředseda:

doc. Ing. Alois MATERNA, CSc.

Členové:

doc. Ing. Pavel HÁNEK, CSc.

doc. Ing. Vladimír JELÍNEK, CSc.

Ing. Jiří KALA, Ph. D.

Ing. Jana KORYTÁROVÁ, Ph. D.

Ing. Karel KUBEČKA

doc. Ing. Ladislav LAMBOJ, CSc.

doc. Ing. Ivan MOUDRÝ, CSc.

doc. Ing. Jaroslav NOVÁK, CSc.

doc. Ing. Luděk NOVÁK, CSc.

doc. Ing. Miloslav PAVLÍK, CSc.

prof. Ing. J. PROCHÁZKA, CSc.

Ing. Vlastimil ROJÍK

Ing. Karel SVOBODA

doc. Dr. Ing. Miloslav ŠLEZINGER

Ing. Milan ŠMAK, Ph. D.

Ing. Ludvík VĚBR, CSc.

doc. Ing. Josef VITÁSEK, CSc.

prof. Ing. Jiří WITZANY, DrSc.

Ing. Renata ZDAŘILOVÁ

STAVEBNÍ OBZOR, odborný měsíčník, vydává Fakulta stavební ČVUT Praha společně s Fakultou stavební VUT Brno, Fakultou stavební VŠB TU Ostrava, Českou komorou autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě a Českým svazem stavebních inženýrů. Řídí redakční rada, vedoucí redaktorka Marcela Klímová. Adresa redakce: Thákurova 7, 166 29 Praha 6, tel./fax: 224 354 596, klimova@fsv.cvut.cz, <http://web.fsv.cvut.cz/obzor>. Vychází každý měsíc kromě července a srpna, cena za výtisk je 40 Kč včetně DPH (+ poštovné a balné). Objednávky odběru i reklamace přijímá Ing. Milan Gattringer, MG DTP, Borovanská 3388, 143 00 Praha 4, tel./fax: 241 770 220, e-mail: mgdtp@volny.cz. Odběr je možné zrušit až po vyčerpání zaplaceného předplatného. Inzerce adresujte redakci. Technická redakce a realizace: Ing. Milan Gattringer. Podávání novinových zásilek povoleno Ředitelstvím pošt Praha, č. j. NP 144/1994, ze dne 21. 10. 1994. Do sazby 13. 4. 2006. Nevyžádané rukopisy se nevracejí.

INDEX 47 755, ISSN 1210-4027

Odstranění znečišťování z vnějšího povrchu vysokého komína

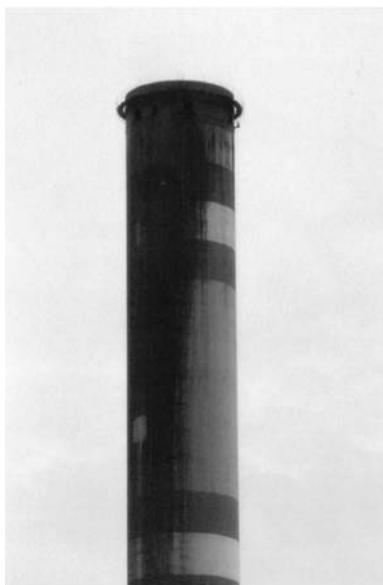
*Ing. Daniel LEMÁK, Ph. D.
STATIKA Olomouc, s. r. o.*

*Ing. Ivo KONEČNÝ
Omega–Teplotechna Praha, a. s.*

Článek analyzuje průběh znečišťování vnějšího povrchu vysokých komínů a rozebírá základní technická řešení směřující k omezení tohoto jevu. Podrobněji je popsáno osazení laminátového konfuzoru na hlavu železobetonového komína Elektrárny Opatovice.

Úvod

Znečišťování vnějšího povrchu komínů souvisí se třemi základními faktory. První, technický faktor, vychází z obavy, zda nedochází k poškození ochranných nátěrů, a následně k poškození železobetonové konstrukce komína, a zda znečištění neindikuje nežádoucí provozní stav připojeného technologického zařízení.



Obr. 1. Znečištěný dílek komína před úpravou

Druhý faktor souvisí s přístupem majitele, kdy znečištění povrchu je posuzováno jako znehodnocení investic vložených do vnějšího vzhledu objektu. Nezanedbatelný je i třetí, tzv. bezpečnostní faktor, který souvisí především se znehodnocením překážkového leteckého značení.

Hlavní příčinou znečišťování vrcholu vysokých komínů je skutečnost, že teplota spalin z mokrého odsíření je blízká teplotě rosného bodu a charakter pevných částic unášených do komína je významně odlišný od pevných částic z neodsířených spalin. Nedostatečné odloučení kapek za reaktorem vede k únosu kapek se zbytky reagentů, které jsou schopné nabalovat další pevné částice a vytvářet vlhké shluky vynášené spalinami z komína. Při nepříznivém poměru rychlosti spalin a rychlosti větru může při nestabilním proudění spodní část kouřové vlečky zasahovat hluboko pod úroveň vrcholu komína a vytvářet omývací (downwash) efekt.

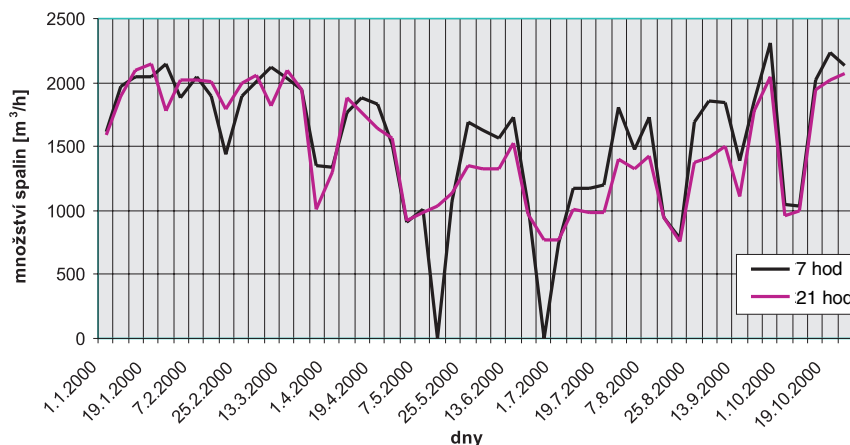
Řešení jsou v zásadě dvě. Prvním je úprava technologického zařízení před komínem, kterou se výrazně sníží vlhkost a zvýší teplota spalin. Druhým je úprava konstrukce vrcholu komína pro zvýšení výstupní rychlosti a vytvoření zóny pro kondenzaci spalin.

Návrh konfuzoru

Druhý ze způsobů byl použit na železobetonový komín výšky 135 m v Elektrárně Opatovice (obr. 1). Příčinou kondenzace spalin byla jejich nadměrná vlhkost a poměrně nízká teplota na výstupu blížící se rosnému bodu. Vlivem větru a malé výstupní rychlosti při nízkých výkonech docházelo k ovalování spalin kolem vrcholu komína a k omývacímu efektu, při němž vlhkost kondenzovala na vnějším povrchu vrcholu komína (jako kyselý kondenzát) a strhávala s sebou pevný úlet z kouřové vlečky.

Pro zvýšení výstupní rychlosti spalin byl proto do hlavy komína bez vážnějších tahových ztrát instalován konfuzor. Při dostatečné výšce vytváří za extrémně nepříznivých provozních a klimatických podmínek jeho vnější povrch i náhradní kondenzační oblast. Výstupní světlost v hlavě konfuzoru byla stanovena tepelně technickým výpočtem (tahový posudek a posouzení maximální a minimální rychlosti spalin) na základě množství spalin odváděných komínem. Množství spalin v průběhu roku se pohybuje od 2 230 000 do 740 000 m³/h, pokud nepovažujeme za minimum úplnou odstávku komína. Specifikaci množství a teploty spalin během roku podává ucelené grafické znázornění na obr. 2.

Rychlost spalin se před osazením konfuzoru pohybovala v závislosti na množství odváděných spalin od 4,2 do 12,6 m/s. Po osazení se zvýšila na 7,4 až 22,6 m/s, tedy cca o 77 %. Potvrdilo se, že kromě ojedinělých případů kombinace extrémně nepříznivých provozních a klimatických podmínek zabraňuje ve většině případů omývacímu efektu.



Obr. 2. Množství odváděných spalin během roku

Tahová ztráta vlivem zúžení výstupní světlosti v hlavě komína je zanedbatelná a její nejvyšší hodnota dosahuje 91 Pa. Nárůst tahové ztráty konfuzoru v závislosti na odváděném množství spalin je zřejmý z obr. 3. Vliv jejich výstupní rychlosti na úroveň tahové ztráty konfuzoru zachycuje obr. 4. Podstatné je, že vypočtené hodnoty užitečného tahu v patě komína neklesnou pod 200 Pa. Velikost užitečného tahu (podtlak) na vstupu do komína uvádí obr. 5.

Konstrukce konfuzoru a další úpravy

Nosná konstrukce konfuzoru byla navržena jako laminátová skořepina o tloušťce 13 mm. Při návrhu byla zvažována i varianta z nerezové oceli. Laminát byl použit s ohledem na způsob montáže s využitím helikoptéry (obr. 6).

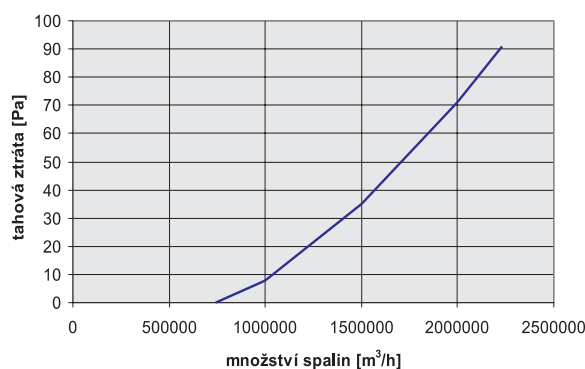


Obr. 6. Osazování středního dílu konfuzoru na komín

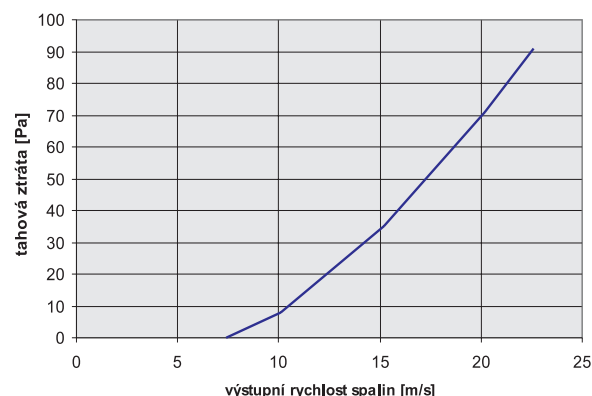
Pata konfuzoru je osazena na vrcholu komína v úrovni 135 m, tělo je složeno ze dvou částí. Dolní tvoří rotační komolý kužel výšky 5 m s dolním průměrem 8,5 m a horním průměrem 5,9 m, na který navazuje válec o průměru 5,9 m a výšce 2 m (obr. 7). Laminátová skořepina byla opatřena kotevními prvky pro uchycení hromosvodu, výstupních žebříků a nočního leteckého značení.

Z montážních a dopravních důvodů byl konfuzor rozdělen na osm pracovních dílů, z nichž byly pod komínem smontovány tři díly. Pracovní i montážní díly byly spojeny přírubami a přelaminovány (obr. 8).

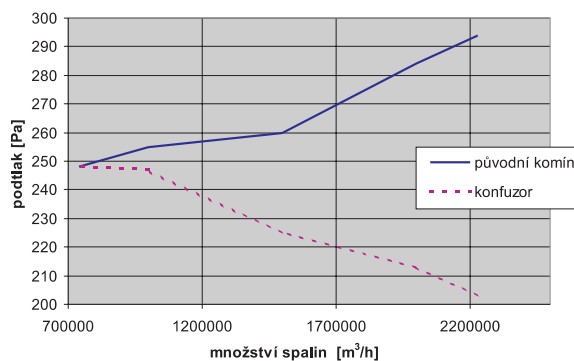
Na vrchol komína byl konfuzor připevněn lepenými kotvami. Před jeho usazením bylo v ložné části na šamotové



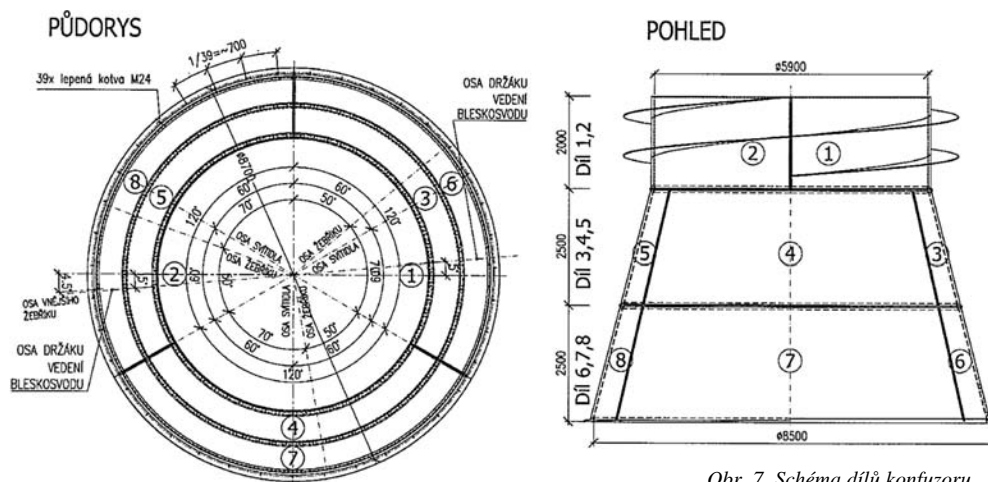
Obr. 3. Nárůst tahové ztráty vlivem konfuzoru v závislosti na množství odváděných spalin



Obr. 4. Vliv výstupní rychlosti spalin na tahovou ztrátu konfuzoru



Obr. 5. Užitečný tah (podtlak) na vstupu do komína



Obr. 7. Schéma dílů konfuzoru



Obr. 8. Střední montážní díl laminátového konfuzoru připravený k osazení

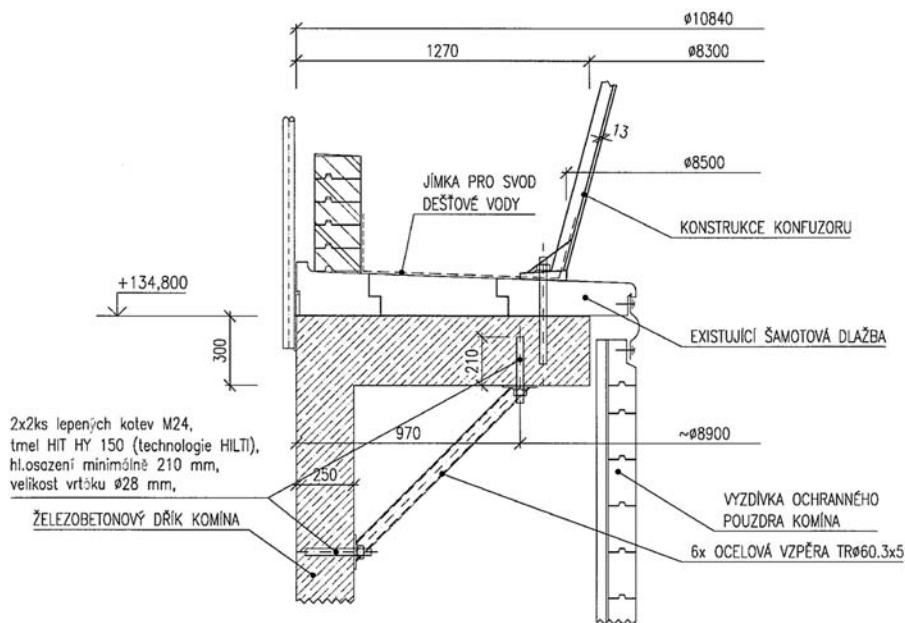
dlažbě připraveno tmelové lože zajišťující plynutěsnost spojení a rovnou ložnou plochu. Podmínkou byl dobrý stav šamotové dlažby, celistvost a odpovídající pevnost. Pro uchycení byly vyvrtány otvory pro kotevní šrouby přes šamotové komínovky do železobetonové desky. K zajištění únosnosti ji bylo nutné podepřít ocelovými trubkami $\varnothing 60,3 \times 5$ upevně-

nými do železobetonové stěny komína lepenými kotvami (obr. 9).

Na hlavě komína v úrovni 135 m byla mimo úprav souvisejících s osazením laminátového konfuzoru vytvořena jímka pro svod dešťové vody. Šamotová dlažba byla očištěna, uvolněné komínovky byly po ošetření znovu zazděny. Trhliny a volné spáry byly zality tmelem. Kondenzační jímka vznikla vybudováním stěny tl. 200 mm a výšky 400 mm na vnějším okraji železobetonové desky v úrovni 135 m a osazením laminátového konfuzoru (obr. 9). Odtud je dešťová voda svedena dvěma protilehle umístěnými vtoky pro odvodnění DN 150. Pro vtoky bylo nutné vyvrtat otvory $\varnothing 190$ mm šamotovou dlažbou a železobetonovou deskou na vrcholu komína. Kondenzát byl vyveden do keramického ochranného pouzdra komína.

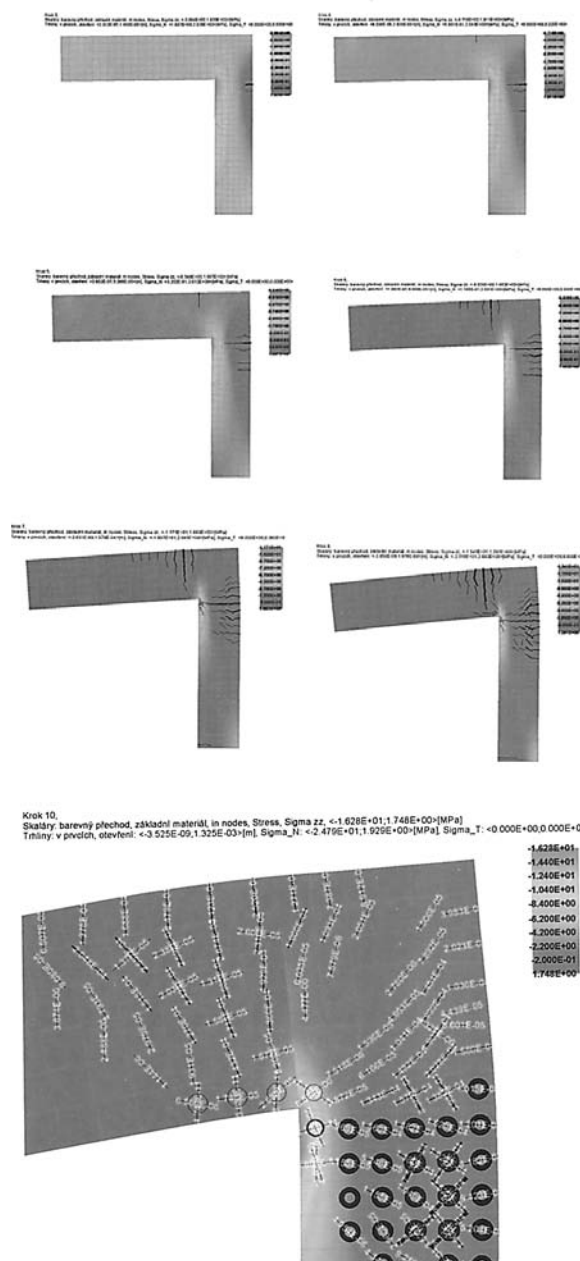
Analýza konstrukcí

V rámci návrhu konfuzoru byly na vlastní železobetonové konstrukci komína posuzovány vlivy jeho osazení na chování celého komína. Samostatně byla analyzována skořepinová konstrukce konfuzoru. Pro osazení na hlavu komína bylo nezbytné prověřit detail uložení železobetonové desky v hlavě komína na vzniklé přitížení.



Obr. 9. Detail podchycení desky hlavy komína

Analýza existující konstrukce železobetonové desky přitížené od nové konstrukce konfuzoru byla provedena programem ATENA [4], který je optimální pro řešení tohoto typu úloh, kdy je známá geometrie a vyztužení železobetonové konstrukce nebo její části a je třeba zjistit její předpokládanou odezvu. Disponuje množstvím materiálových modelů a věrohodně simuluje chování zejména železobetonových konstrukcí. Pro analýzu uložení byl zjednodušeně vytvořen rotačně symetrický model konstrukce s trojrozměrnými prvky – nelineární beton (obr. 10). Z uvedených obrázků je zejména zřejmý postupný rozvoj trhlin v konstrukci v jednotlivých zatěžovacích krocích.



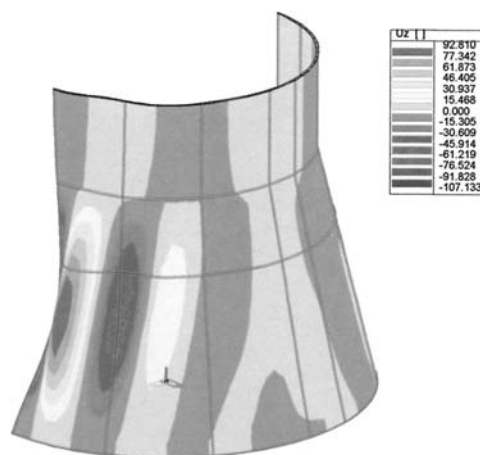
Obr. 10. Výsledek analýzy železobetonové desky v hlavě komína po osazení konfuzoru programem ATENA

Model byl vytvořen s uvažováním výztuže a pracovní spáry podle původní projektové dokumentace. Výpočet prokázal, že při uvážení extrémního zatížení větrem je nedosta-

tečná dimenze výztuže jak ve vlastní skořepině komína, tak v desce. Proto bylo navrženo její statické podepření ocelovými trubkami zajištěnými vlepáním kotvek jak do dřívku komína, tak do desky. Únosnost tohoto podepření byla ověřena na modelu v programu NEXIS [5]. Součástí modelu byl laminátový konfuzor i železobetonová deska zhlaví komína.

Numerický model vlastní skořepinové konstrukce konfuzoru byl vytvořen v programu NEXIS [5]. U konstrukce byla ověřována především stabilita. 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 byla stanovena návrhová pevnost při boulení, a následně návrhová únosnost konstrukce s vlivem boulení, to vše ve smyslu normy [1]. Dále byly vypočteny vlastní frekvence navrhované konstrukce pro ověření možnosti uvažování účinků od jejího dynamického působení (obr. 11).

Charakteristiky laminátu (polyetylenové pryskyřice K 530 TB) dodal výrobce. Pro numerickou analýzu konfuzoru byl uvažován dlouhodobý modul pružnosti $E = 11$ GPa, Poissonova konstanta $\nu = 0,19$, objemová hmotnost $\rho = 1\ 800$ kg/m³, tahová (přibližně i tahová pevnost) $f_{y,k} = 120$ MPa.



Obr. 11. Stabilitní tvar numerického modelu konfuzoru

Pro skořepinu tl. 9,5 mm vyšel kritický násobek zatížení 1,933 a při nelineárním výpočtu deformace 10 mm. První vlastní frekvence konstrukce je 5,561 Hz, z čehož plyne, že dynamická složka větru nemá na tuto konstrukci významný vliv. K této tloušťce, nutně ze statického hlediska, byly přidány ochranné vrstvy 1 mm na vnějším povrchu a 2,5 mm na povrchu vnitřním, čímž se dostáváme k již uvedeným 13 mm.

Závěr

Úprava konstrukce komína byly provedena v roce 2001. Projektční práce provedla firma Omega–Teplotechna Praha ve spolupráci se STATIKOU Olomouc. Vlastní výrobu a osazení konfuzoru společně s ostatními stavebními pracemi zajistila firma Omega–Teplotechna Praha. Osazení bylo nutno provést v krátkém čase v době odstávky komína z provozu. Zkrácení na minimum se podařilo zejména díky zvolenému způsobu montáže a z toho vycházejícího materiálového řešení konstrukce.



Obr. 12. Opravený komín

Funkčnost konfuzoru byla prověřena pětiletým provozem (obr. 12). Pro optimální návrh tohoto typu konstrukce je nezbytné posouzení teplotních a tlakových poměrů v komíně, přičemž tepelně technologický výpočet musí vycházet z podrobných informací o vlastnostech spalin (množství, teplota, složení apod.) a uvažovaných provozních stavech.

Literatura

- [1] ČSN P ENV 1993-1-6. Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-6: Obecná pravidla – Doplňující pravidla pro skořepinové konstrukce. ČSNi, 2001.
- [2] Křupka, V. – Schneider, P.: Konstrukce aparátů. Brno, PC-DIR 1998.
- [3] ČSN EN 13084 – 1 Volně stojící průmyslové komíny – Část 1: Všeobecné požadavky. ČSNi, 2003.
- [4] Program ATENA. Červenka Consulting, www.cervenka.cz.
- [5] Program NEXIS, www.scia.cz.

Lemák, D. – Konečný, I.: Removal of Impurities from the Outer Surface of a High Chimney

This article analyzes the process of soiling of the surface of high chimneys. It provides analysis of fundamental technical solutions aimed to restrict this phenomenon. In more detail, it describes mounting of a laminated confusor onto the head of the reinforced concrete chimney of the Opatovice power plant.

Lemák, D. – Konečný, I.: Beseitigung von Verunreinigungen von der Außenoberfläche eines hohen Schornsteins

Der Artikel analysiert den Mechanismus der Verunreinigung von Objekten und behandelt grundlegende auf die Einschränkung dieser Erscheinung gerichtete technische Lösungen. Ausführlicher wird die Installation eines Laminat-Konfuzors auf den Kopf eines Stahlbeton-Schornsteins des Kraftwerks Opatovice beschrieben.

• zprávy

Hilton Prague postaví nové konferenční centrum

Hotel Hilton Prague, nedávno zařazený britským časopisem Conference & Incentive Travel Magazine mezi deset nejvýznamnějších konferenčních hotelů světa, uskuteční v průběhu následujících tří let významné investice, jejichž cílem je modernizace hotelu a další posílení jeho pozice na trhu.

Budovu hotelu Hilton Prague postavila v letech 1989 až 1991 francouzská společnost CBC (Compagnie Generale de Batiment et de Construction started). Proces modernizace si vyžádá investici v celkové hodnotě 40 až 50 milionů EUR. Hlavní část této investice, 21 milionů EUR, bude určena na renovaci hotelových pokojů, jejíž dokončení je plánováno nejpozději v roce 2008.



Změny, kterých v blízké budoucnosti pražský hotel dozná, lze rozměrem přirovnat k obdobným rozsáhlým projektům, jakými prošly některé další evropské hotely sítě Hilton: Hilton Athens, zrenovovaný u příležitosti Olympijských her v Aténách (dokončeno v květnu 2003), Hilton Vienna (dokončeno v srpnu 2004) a nejnověji Hilton Düsseldorf (dokončeno v únoru 2005).

V průběhu roku 2006 se modernizace zaměří zejména na příjezdovou zónu a první dojmy z okolí hotelu, což si vyžádá změny a nový přístup k zahradní architektuře před hotelem. Postupně zde vzniknou nové oblasti zeleně a budou vysázeny nové stromy.

Druhá fáze modernizace včetně dostavby konferenčního centra, výstavby Sky Baru a nového vybavení všech veřejných prostor v rámci budovy hotelu by měla být hotova do konce roku 2009.

Hotel je součástí mezinárodního řetězce Hilton od 1. července 1995, kdy byla podepsána dvacetiletá smlouva se společností Hilton International. Současný název Hilton Prague je užíván od světové implementace nové Hilton identity v červnu 1998. Majitelem je společnost Quinn Group.

Tisková informace

Vlhkostní a tepelné parametry alkalicky aktivované strusky s elektroporcelánem

Ing. Lucie ZUDA
 prof. Ing. Robert ČERNÝ, DrSc.
 RNDr. Jaroslava DRCHALOVÁ, CSc.
 ČVUT – Fakulta stavební
 Praha

V článku je prezentováno měření základních tepelných a vlhkostních vlastností kompozitního materiálu na bázi alkalicky aktivované strusky s elektroporcelánem jako plnivem po zatížení vysokými teplotami. Získané parametry jsou porovnány s výsledky referenčního měření na nezatížených vzorcích. Měření zahrnuje součinitel vlhkostní vodivosti, faktor difúzního odporu vodní páry, sorpční izotermy, součinitel tepelné vodivosti a objemovou měrnou tepelnou kapacitu.

Úvod

Kompozity na bázi alkalicky aktivované strusky patří mezi perspektivní materiály s možností širokého využití ve stavebnictví. Mezi jejich přednosti patří zejména vysoká pevnost, korozivzdornost, částečná odolnost proti vysokým teplotám a v neposlední řadě i nízká cena vstupní suroviny [1]. Jejich předpokládané využití je zaměřeno především na konstrukce nebo jejich části namáhané vysokými teplotami až do 1 200 °C. Je však možno též uvažovat o ochranných vrstvách na stávajících železobetonových konstrukcích, které zvýší požární odolnost konstrukce na bázi portlandského cementu, u něhož dochází za vyšších teplot k totální degradaci cementového tmelu, a tím k jeho rozpadu.

První část výzkumných prací byla zaměřena na studium materiálu na bázi alkalicky aktivované strusky, u něhož byl jako plnivo použit písek. V práci [1] byly naměřeny vlhkostní a tepelné parametry referenční sady nezatížené vysokými teplotami. V další [2] byly stanoveny vlhkostní a tepelné parametry pro tentýž materiál po zatížení vysokými teplotami a v následné [3] analyzovány tepelné vlastnosti jako funkce teploty během zatížení vysokými teplotami.

Ve druhé fázi výzkumu byl jako plnivo materiálu na bázi alkalicky aktivované strusky použit elektroporcelán. Tento článek představuje první část experimentálních prací provedených na tomto materiálu. Konkrétně jde o měření vlhkostních a tepelných parametrů jednak referenční sady, jednak vzorků materiálu po zatížení vysokými teplotami. Teplotně zatěžovacími stavy byly 200, 400, 600, 800, 1 000 a 1 200 °C stejně jako v článku [2].

Materiály a vzorky

Pro výrobu vzorků byla použita struska (tab. 1, tab. 2), kterou dodává v jemně mleté formě Kotouč Štramberk. Pro přípravu alkalického aktivátoru byl použit roztok vodního skla. Silikát SiO₂ PORTIL-A dodala firma Cognis Iberia. Elektroporcelán s pórovitostí 0,3 %, nasákavostí 0,1 %, objemovou hmotností 2 350 kgm⁻³ (tab. 3, tab. 4) dodala firma P-D Refractories CZ, Velké Opatovice.

Tab. 1. Chemické složení strusky [%]

SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	MnO	Cl ⁻	Na ₂	K ₂ O	SO ₃
38,60	0,52	7,22	38,8	12,90	0,50	0,06	0,21	0,38	0,36

Tab. 2. Jemnost mletí strusky

Zbytek na sítu [%]		Měrný povrch [m ² kg ⁻¹]
0,045 mm	0,09 mm	
12,4	1,9	392,0

Tab. 3. Chemické složení elektroporcelánu [%]

SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂
48,6	0,8	45,4	0,3	0,2	1,0	2,9	0,7

Tab. 4. Jemnost mletí elektroporcelánu

Velikost oka [mm]	4,00	2,50	1,00	0,50	0,25	0,125	0,09	0,06	0,045	
Souhrnný zbytek na sítu [%]	frakce 0–1	–	–	0,69	45,2	70,8	89,98	93,40	99	99,99
	frakce 1–3	–	4,12	78,3	99,6	99,9	99,94	99,95	99	100,00
	frakce 3–6	69,3	95,5	100	100	100	100,00	–	–	–

Tab. 5. Složení směsi pro výrobu vzorků

Elektroporcelán [g]			Struska	Silikát	Záměšová voda [ml]
frakce 0–1	frakce 3–4	frakce 5–6	[g]		
450	450	450	450	90	190

Při výrobě vzorků bylo nejprve nutné smísit silikát s vodou na roztok (tab. 5), který byl poté zamíchán do homogenizované směsi strusky s elektroporcelánem. Směs nalitá do 2/3 výšky forem byla vibrační zhuťována po dobu 3 s, následně doplněna do požadované výšky a opět stejnou dobu zhuťována. Po 24 hodinách byly vzorky zbaveny forem a uloženy na dalších 27 dní do vodní lázně. Pro každý zatěžovací stav byly použity tyto vzorky:

- součinitel vlhkostní vodivosti pomocí sorpčního experimentu, otevřená pórovitost a objemová hmotnost – 3 vzorky 50 x 50 x 23 mm;

- součinitel vlhkostní vodivosti pomocí kapacitní metody – 3 vzorky 20 x 40 x 300 mm;
- faktor difúzního odporu vodní páry – 3 vzorky o průměru 108 mm a tloušťce 10 až 22 mm;
- sorpční izotermy – 15 vzorků 20 x 20 x 10 mm;
- součinitel tepelné vodivosti a objemová měrná tepelná kapacita – 3 vzorky 70 x 70 x 70 mm.

Sady vzorků byly před měřením vystaveny šesti různým zatěžovacím stavům: 200, 400, 600, 800, 1 000 a 1 200 °C. Nejprve byl vzorek zahřát na finální teplotu s rychlostí ohřevu 10 K/min, ponechán na této teplotě po dobu dvou hodin, a nakonec zvolna ochlazen přirozeným způsobem na laboratorní teplotu. Pro srovnání byla připravena i sada vzorků, které teplotnímu zatížení vystaveny nebyly.

Experimentální metody

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

$$D_w \approx \left(\frac{A}{w_c} \right)^2, \quad (1)$$

kde A je koeficient absorpce vody [$\text{kgm}^{-2}\text{s}^{-1/2}$], w_c nasycená vlhkost [kgm^{-3}].

Vzorky byly ponechány v laboratorním prostředí až do ustálení jejich hmotnosti. Měření se provádělo při teplotě 25 °C a relativní vlhkosti okolo 50 %.

■ Pro stanovení součinitele vlhkostní vodivosti z vlhkostních profilů byla použita Matanova metoda [4]. Jako všechny inverzní nestacionární metody vychází z jednorozměrného řešení difúzní rovnice (2), která popisuje přenos vlhkosti v kapilárně porézních látkách za izotermních podmínek

$$\frac{\partial u}{\partial t} = \nabla(\kappa(u) \nabla u) \quad (2)$$

Hmotnostní vlhkost u je dána vztahem

$$u = \frac{m_v - m_s}{m_s}, \quad (3)$$

kde m_v je hmotnost vlhkého, m_s suchého vzorku.

Základní experiment spočívá v určení křivek navlhání, tj. vlhkosti podél osy vzorku $u(x, t)$. Vzorek ve tvaru tyče (délka tyče je v porovnání s 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 jeho parotěsnou a vodotěsnou izolací po všech stranách kromě čel.

Matanova metoda vychází ze znalosti jedné křivky navlhání a času od počátku experimentu odpovídajícího této křivce. Metoda využívá Boltzmannovu transformaci, kterou je možno použít v případě krátkých časů, kdy se ještě neuplatňuje okrajová podmínka na suchém konci vzorku. Její výhoda spočívá v tom, že převádí řešení parciální diferenciální rovnice (2) na řešení obyčejné diferenciální rovnice. Pokud známe rozložení vlhkosti $u(x)$ v jistém čase t , můžeme součinitel vlhkostní vodivosti vypočítat ze vztahu

$$\kappa(u(x)) = \frac{1}{2u'(x)} \int_x^\infty \xi u'(\xi) d\xi, \quad (4)$$

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

Vzorky byly ponechány volně v laboratorním prostředí až do ustálení své hmotnosti při teplotě 25 °C a relativní vlhkosti okolo 50 %. Při těchto podmínkách probíhalo také měření.

■ Pro měření transportních parametrů vodní páry byla použita misková metoda definovaná i v ČSN 72 7031 [5]. Součinitel difúze vodní páry D [m^2s^{-1}] byl vypočten podle rovnice

$$D = \frac{\Delta m \cdot d \cdot R \cdot T}{S \cdot \tau \cdot M \cdot \Delta p_p}, \quad (5)$$

kde Δm je množství vodní páry prošlé vzorkem [kg], d tloušťka vzorku [m], S plocha vzorku, která je v kontaktu s vodní párou [m^2], τ čas odpovídající hmotnosti prošlé vodní páry Δm [s], Δp_p rozdíl parciálních tlaků v nádobě pod vzorkem a prostředím nad vzorkem [Pa], R univerzální plynová konstanta [$\text{Jmol}^{-1}\text{K}^{-1}$], M molární hmotnost vody [kgmol^{-1}], T absolutní teplota [K].

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

$$\mu = \frac{D_a}{D}, \quad (6)$$

kde D_a je součinitel difúze vodní páry ve vzduchu [m^2s^{-1}]. Součinitel difúzní propustnosti vodní páry δ [s] byl vypočítán na základě vztahu

$$\delta = D \frac{M}{RT}. \quad (7)$$

Při měření metodou dry cup byla miska se vzorkem naplněná silikagelem umístěna v laboratorním prostředí s průměrnou relativní vlhkostí 50 %. Při měření metodou wet cup byla miska naplněna vodou a umístěna v laboratorním prostředí za stejných podmínek. Hmotnost misky se vzorkem se ověřovala dvakrát denně po dobu dvou týdnů, teplota v laboratoři byla 25 °C. Konstantní úbytek (wet cup) nebo přírůstek (dry cup) hmotnosti misky se vzorkem byl stanoven z ustálených hodnot hmotností pomocí lineární regrese.

■ Sorpční izotermy se měřily v laboratorních podmínkách za teploty 25 °C. Vzorky v exsikátorech s různými roztoky solí simulovaly různé hodnoty relativní vlhkosti [6]. Experimenty probíhaly paralelně ve všech exsikátorech. Hmotnost vzorků byla ověřována pravidelně do dosažení rovnovážného stavu.

■ Tepelné vlastnosti se měřily přístrojem ISOMET 2104. Zařízení měří součinitel tepelné vodivosti λ [$\text{Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$], měrnou objemovou tepelnou kapacitu c_p [$\text{Jm}^{-3}\text{K}^{-1}$] a teplotu [$^{\circ}\text{C}$]. Součinitel teplotní vodivosti a [m^2s^{-1}] je dopočítán podle vztahu

$$a = \frac{\lambda}{c_p} \quad (8)$$

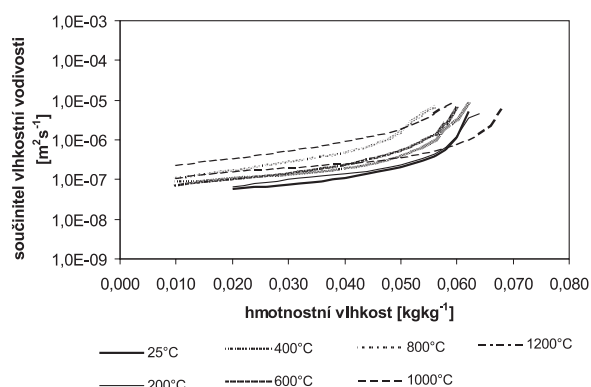
Měření se provádělo plošnou sondou na přirozeně vlhkých vzorcích ponechaných v laboratorním prostředí s teplotou 25°C a relativní vlhkostí okolo 30 %.

Výsledky a diskuze

Základní fyzikální vlastnosti mezi referenční sadou a zatíženými sadami jsou porovnány v *tab. 6*. Je patrné, že při zvyšování teplot do 600°C docházelo jen k relativně malým změnám objemové hmotnosti, pro vzorky zatěžované na 800 a $1\,000^{\circ}\text{C}$ objemová hmotnost klesla asi o 10 %, ale pro zatěžovací stav $1\,200^{\circ}\text{C}$ se vrátila zpět k hodnotě odpovídající referenčnímu vzorku. Těmto změnám odpovídaly i změny pórovitosti, naopak hustota matrice se měnila jen relativně málo.

Tab. 6. Porovnání základních fyzikálních vlastností

Zatěžovací stav [$^{\circ}\text{C}$]	Objemová hmotnost	Hustota matrice	Otevřená pórovitost [m^3m^{-3}]
	[kgm^{-3}]		
25	2 101	2 659	0,21
200	2 184	2 853	0,23
400	2 105	2 756	0,24
600	2 164	2 860	0,24
800	1 977	2 726	0,28
1 000	1 948	2 752	0,29
1 200	2 117	2 685	0,21



Obr. 1. Porovnání vlhkostní vodivosti pro jednotlivé zatěžovací stavy v závislosti na objemové vlhkosti

Porovnání součinitele vlhkostní vodivosti κ v závislosti na vlhkosti vypočtené z vlhkostních profilů Matanovou metodou je uvedeno na *obr. 1*. Nárůst součinitele vlhkostní vodivosti se zatěžovací teplotou byl do 600°C poměrně malý, patrnější nárůst byl pozorován až pro 800°C a $1\,000^{\circ}\text{C}$, a nejvýraznější pak pro $1\,200^{\circ}\text{C}$. To je kromě zatěžovacího stavu $1\,200^{\circ}\text{C}$ v kvalitativním souladu s výsledky měření

pórovitosti v *tab. 6*. Na teplotě $1\,200^{\circ}\text{C}$ tedy muselo dojít v materiálu k významné strukturální změně. Vzhledem k tomu, že pórovitost byla po zatížení teplotou $1\,200^{\circ}\text{C}$ stejná jako u referenčního materiálu, muselo dojít k významnému nárůstu množství větších pórů v oblasti 10 až $100\ \mu\text{m}$ na úkor menších. Je pravděpodobné, že mohlo dojít i ke vzniku keramické vazby. Tuto hypotézu by ovšem bylo třeba prověřit, např. rastrovací elektronovou mikroskopií či rentgenovou difrakční analýzou.

Hodnoty průměrného součinitele vlhkostní vodivosti určené na základě sorpčního experimentu jsou uvedeny v *tab. 7*. Nárůst se zatěžovací teplotou se zde projevil již od 600°C , ale poté se hodnoty průměrného součinitele vlhkostní vodivosti stabilizovaly na téměř stejných hodnotách, což je výrazný rozdíl vzhledem k výsledkům dosaženým z vlhkostních profilů v *obr. 1*. Pravděpodobným důvodem těchto rozdílů je rozdílná prostorová orientace experimentů v obou případech. Zatímco vlhkostní absorpční experiment, jehož výsledkem byla hodnota průměrného součinitele vlhkostní vodivosti, probíhal ve vertikální poloze, vlhkostní profily, z nichž byl určen vlhkostně závislý součinitel vlhkostní vodivosti, byly měřeny v horizontální poloze. Při měření transportu vody ve vertikální poloze se tedy zřejmě významně projevovává vliv gravitace, což by odpovídalo předpokladu o nárůstu množství větších pórů po zatížení vysokými teplotami.

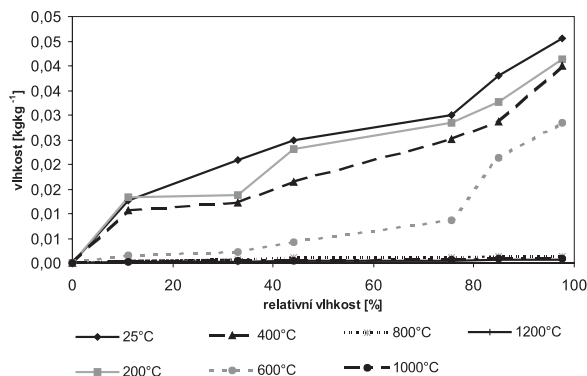
Tab. 7. Porovnání vlhkostních vlastností

Zatěžovací stav [$^{\circ}\text{C}$]	Faktor difúzního odporu [-]		Průměrný součinitel vlhkostní vodivosti [$10^{-6}\text{m}^2\text{s}^{-1}$]
	dry cup	wet cup	
25	25	12	0,28
200	22	12	0,10
400	22	11	0,21
600	20	10	0,39
800	18	10	0,35
1 000	17	10	0,32
1 200	19	11	0,34

Faktor difúzního odporu vodní páry, určený metodami dry cup a wet cup, se zatěžováním vysokými teplotami klesal poměrně mírně (*tab. 7*) až do $1\,000^{\circ}\text{C}$, pro zatěžovací teplotu $1\,200^{\circ}\text{C}$ ovšem naopak mírně vzrostl. To je v dobré kvalitativní shodě se změnami pórovitosti v *tab. 6*.

Obrázek 2 ukazuje, že se zvyšováním zatěžovací teploty vzorky poměrně rychle ztrácely schopnost adsorbovat vodní páru. Po výpalu na 800°C a více se neadsorbovala již téměř žádná vodní pára. To nepochybně souvisí se změnami struktury a složení materiálu po výpalu.

Tepelné vlastnosti při nulové vlhkosti uvádí *tab. 8*. Je patrné že při výpalu nad 400°C dochází k mírnému poklesu součinitele tepelné vodivosti. Toto snížení nepochybně souvisí s nárůstem pórovitosti (*tab. 6*), ovšem následné zvýšení součinitele tepelné vodivosti při zatížení teplotou $1\,000^{\circ}\text{C}$ již nelze vysvětlit tímto jednoduchým způsobem. Jednou z možností, jak tuto zdánlivou anomálii vysvětlit, je změna v rozložení pórů. Zvýšení množství větších pórů při vypalování na vyšších teplotách, které indikovaly již např. výsledky měření součinitele vlhkostní vodivosti, mohlo vést ke změně původně homogenního rozložení pórů v materiálu a k vytváření tepelných mostů, které mohly způsobit zvýšení efek-



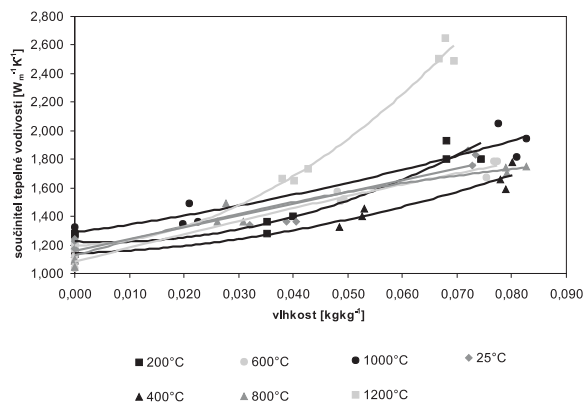
Obr. 2. Sorpční izotermny pro jednotlivé zatěžovací stavy

tivní hodnoty součinitele tepelné vodivosti. Mohlo tedy docházet k vzájemnému vyrovnávání dvou protichůdných faktorů, ovlivňujících hodnoty součinitele tepelné vodivosti – zvýšení obsahu pórů vedlo k jejímu snížení, vytváření tepelných mostů naopak k jejímu zvýšení. Pro potvrzení této hypotézy by ovšem bylo nutné změřit křivky rozložení pórů po zatížení vysokými teplotami.

Měření měrné tepelné kapacity (tab. 8) ukázala změny v rozsahu ±10 % základní hodnoty určené na nezatíženém materiálu. Vzhledem k tomu, že přesnost měření je menší než přesnost měření součinitele tepelné vodivosti a činí právě jen ±10 %, nelze tyto změny považovat za relevantní.

Tab. 8. Porovnání tepelných vlastností

Zatěžovací stav [°C]	Součinitel tepelné vodivosti [Wm ⁻¹ K ⁻¹]	Měrná tepelná kapacita [JKg ⁻¹ K ⁻¹]	Součinitel teplotní vodivosti [10 ⁻⁶ m ² s ⁻¹]
25	1,21	773	0,75
200	1,23	722	0,77
400	1,14	751	0,72
600	1,08	715	0,70
800	1,12	764	0,74
1 000	1,30	814	0,81



Obr. 3. Porovnání součinitele tepelné vodivosti v závislosti na vlhkosti

Porovnání součinitelů tepelné vodivosti v závislosti na vlhkosti uvádí obr. 3. Pro zatěžovací stavy od 25 do 1 000 °C byl průběh funkce $\lambda(u)$ téměř přímkový, při výpalu na 1 200 °C ovšem již výrazně konvenční. Tato změna charakteru funkce $\lambda(u)$ je pravděpodobně důsledkem zvýšení obsahu větších pórů indikovaného předešlými experimenty. Vliv přítomnosti vody na hodnoty součinitele tepelné vodivosti se tak stal výraznějším.

Závěr

Cílem článku bylo studium vlivu vysokých teplot na tepelné a vlhkostní parametry materiálu na bázi alkalicky aktivované strusky s elektroporcelánem jako plnivem. Výsledky experimentů ukazují, že materiál vykázal při zatížení vysokými teplotami velmi dobrou odolnost a při zatížení na 1 200 °C dokonce klesla jeho pórovitost. Z analyzovaných parametrů došlo s nárůstem zatěžovací teploty pouze k významnému nárůstu součinitele vlhkostní vodivosti, hodnoty ostatních parametrů se změnil v podstatně menší míře. Použití elektroporcelánu jako plniva se tedy ukázalo jako perspektivní cesta při vývoji materiálů na bázi alkalicky aktivované strusky.

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

Literatura

[1] Friedlová, L. – Tesárek, P. – Černý, R. – Rovnaníková, P.: Tepelné a vlhkostní vlastnosti kompozitního materiálu na bázi alkalicky aktivované strusky. Stavební obzor, 14, 2005, č. 2, s.40–44.
 [2] Zuda, L. – Černý, R. – Rovnaníková, P. – Bayer, P.: Vliv vysokých teplot na vlastnosti kompozitních materiálů se struskovým pojivem – I. část. Stavební obzor, 15, 2006, č. 1, s. 17–20.
 [3] Zuda, L. – Drchalová, J. – Černý, R. – Rovnaníková, P. – Bayer, P.: Vliv vysokých teplot na vlastnosti kompozitních materiálů se struskovým pojivem – II. část. Stavební obzor, 15, 2006, č. 1, s. 44–49.
 [4] Matano, C.: On the Relation between the Diffusion Coefficient and Concentration of Solid Metals. Jap. J. Phys. 8, 1933, 109–113.
 [5] ČSN 72 7031 Měření součinitele difúze vodní páry stavebních materiálů metodou bez teplotního spádu. ÚNM, 1974.
 [6] Arai, C. – Hosaka, S. – Murase, K. – Sano, Y. : Measurements of the Relative Humidity of Saturated Aqueous Salt Solutions. J. Chem. Eng. Jap., 1976, No. 9, p. 328.

Zuda, L. – Černý, R. – Drchalová, J.: Hygric and Thermal Properties of Alkali Activated Slag with Electrical Porcelain

This paper presents measurement of basic thermal and hygric properties of a composite material on the basis of alkali activated slag with electrical porcelain aggregates after subjecting to high temperature loading. The measured parameters are compared with the results of the reference measurement on unloaded specimens. The measurements involve moisture diffusivity, the water vapour diffusion resistance factor, sorption isotherms, thermal conductivity and specific heat capacity.

Zuda, L. – Černý, R. – Drchalová, J.: Feuchtigkeits- und wärmetechnische Parameter alkalisch aktivierter Schlacke mit Elektroporzellan

Im Artikel wird die Messung der grundlegenden wärme- und feuchtigkeits-technischen Eigenschaften eines Verbundbaustoffs auf der Basis alkalisch aktivierter Schlacke mit Elektroporzellan als Füllstoff nach einer Belastung durch hohe Temperaturen vorgestellt. Die gewonnenen Parameter werden mit den Ergebnissen einer Referenzmessung an nicht belasteten Probekörpern verglichen. Die Messungen beinhalten den Feuchteleitfähigkeit, die Wasserdampf-Diffusionswiderstandszahl, die Sorptions-Isothermen, den Rechenwert der Wärmeleitfähigkeit und die volumenbezogene spezifische Wärmekapazität.

Technologie výroby, vlastnosti a využití geopolymerního betonu

Ing. Milan ŽAMBERSKÝ

Průmstav, a. s., Praha

doc. Ing. Pavel SVOBODA, CSc.

ČVUT – Fakulta stavební, Praha

Geopolymer je pojmenování pro anorganický polymer, který vzniká alkalickou aktivací základního materiálu. Je to amorfní alkalický aluminosilikát s prostorovou strukturou podobný zeolitickým prekurzorům.

Jako základní materiál může být použit jakýkoliv anorganický materiál s pucolánovými vlastnostmi, který se skládá ze silikátů nebo aluminosilikátů. Základní surovina může být přírodního původu, nebo může jít o odpadní materiál (úletový popílek, strusku). K využití odpadních materiálů vedl požadavek na vytvoření nové technologie produkující ekologičtější beton, kde bude portlandský cement nahrazen ekologicky méně náročným materiálem. Odpadní látky se v současné době nedostatečně využívají. U úletového popílku je to 20 až 30 %, zbytek se ukládá do země nebo do kalovišť. Využitím úletového popílku jako vstupního materiálu pro výrobu geopolymery se mění odpad na cenný materiál s vynikajícími mechanickými a užitnými vlastnostmi.

Geopolymery vzhledem k rozdílné technologii výroby, liší se od procesu hydratace běžných portlandských cementů, vykazují určité odlišnosti. Z hlediska mechanických vlastností jsou výsledky ověřování geopolymery srovnatelné nebo lepší. Jednoznačně lepších výsledků dosahují z hlediska odolnosti vůči chemikáliím a ohni [2]. V neposlední řadě jsou výhodné z hlediska ekologického a ceny vstupních materiálů. Otázkou zůstává použití chemických přísad obvyklých v cementovém betonu. Například provzdušnění alkalicky aktivovaného úletového popílku nezvyšuje jeho trvanlivost, neboť provzdušňovač nevytvářejí pravidelnou a stabilní strukturu pórů, která je pro mrazuvzdornost nezbytná [3].

Geopolymerizace

Alkalická aktivace silikátových a aluminosilikátových materiálů probíhá ve vodném prostředí při $\text{pH} > 12$ „přes roztok“. Tento proces je odlišný od hydratace anorganických pojiv, tj. především portlandského cementu. Alkalicky aktivované materiály lze charakterizovat jako materiály na rozhraní mezi klasickými hydratovanými anorganickými pojivy, skelnými a keramickými materiály.

Alkalická aktivace aluminosilikátů probíhá ve třech krocích. Každý z nich může postupovat různými způsoby, které vedou k rozdílným výsledným produktům. Formování geopolymery je velmi rychlé a všechny kroky probíhají v podstatě současně. V první fázi je aluminosilikátové sklo rozpuštěno v kontaktu se silným alkalickým roztokem, který podporuje formování zeolitických prekurzorů [1] z rozpuštěných částecí (nuklidů). Volné ionty se přeorientovávají a vytvářejí shluky (malé molekuly). Poté, co nuklidy dosáh-

nou kritické velikosti, začíná růst krystalů. Tyto malé molekuly přítomné v roztoku se mohou spojit a vytvořit velké molekuly, které se srazí ve formě amorfního gelu s minoritními krystalickými fázemi. Vzniklý dvojrozměrný až trojrozměrný geopolymer má obecný vzorec $M_n [-(\text{Si-O})z-\text{Al-O}]_n \cdot w\text{H}_2\text{O}$ a je podobný zeolitickým prekurzorům. Krystalický růst ze zeolitických nuklidů je velmi pomalý.

Prostorová struktura aluminosilikátového (geopolymerního) gelu se skládá z SiO_4 a AlO_4 tetrahedrů spojených sdílenými atomy kyslíku. Negativně nabitě a tetrahedricky uspořádané atomy hliníku uvnitř sítě mají náboje uváděny do rovnováhy kationty alkalických kovů, jako je sodík, draslík a vápník. Složení a struktura tohoto alkalického aluminosilikátového gelu závisí na velikosti, struktuře a koncentraci iontových druhů přítomných v médiu, tak jako na teplotě, délce ošetřování a na pH směsi.

Geopolymery jako trojrozměrné makromolekulární struktury, které vznikly exotermickou polykondenzační reakcí, nejvíce závisí na koncentraci alkalických polysilikátů a na teplotě. Takovéto nové materiály můžeme označit jako polysialáty, což jsou speciální druhy Al-O-Si anorganických polymerů. Pojmenování jednotlivých druhů polysialátů bylo dohodnuto na Mezinárodním sympoziu makromolekulární chemie ve Stockholmu [4], a to polysialate (PS), polysialate – siloxo (PSS), polysialate – disiloxo (PSDS).

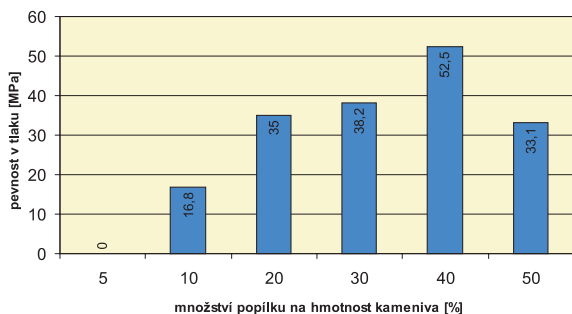
Výroba

Z chování jednotlivých záměsí jsme během ověřovacích zkoušek zjistili, že geopolymerní beton (POPbeton®) nelze míchat ve spádových míchačkách, ale výlučně v mixerech s nuceným mícháním, u nichž by rychlost lopatek či šneků nepřekročila 24 otáček za minutu. Důvodem jsou reologické vlastnosti aktivovaného geopolymerního betonu s velice pomalou dynamickou i statickou viskozitou (proti cementovému pojivu má popílek až pětkrát pomalejší pohyblivost). Spádové míchačky a míchačky s rychlými otáčkami vnášejí do POPbetonu® množství vzduchu, které nelze ani prodlouženou vibrací spolehlivě odstranit.

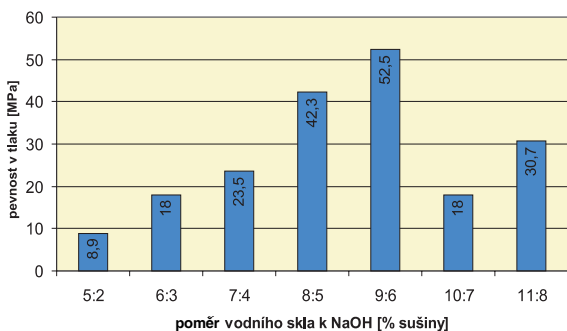
Alkalická aktivace geopolymerního pojiva z úletového popílku probíhá přidáním alkalických aktivátorů do směsi kameniva a popílku v daném poměru. U obou aktivátorů v roztocích byla předem zjištěna koncentrace a dávkování se řídilo přepočtem na množství sušiny. Tak bylo možné rozlišit skutečný vodní součinitel součtem vody v obou roztocích a vodou přidávanou na nezbytnou celkovou konzistenci POPbetonu®.

Z výsledků víme, že stejně jako u cementového betonu závisí výsledná pevnost včetně nárůstu téměř přímo na vodním součiniteli. V případě POPbetonu® je to poměr veškeré vody a sušiny obou aktivátorů, tedy včetně vody v obou roztocích. Ověřili jsme si, že optimálním navlhčením kameniva se omezí jeho nasákavost a zabrání se absorpci vody z obou aktivátorů do povrchové plochy. Roztoky pak mohou působit pouze ve vztahu geopolymerní reakce s popílkem.

Bylo třeba rovněž ověřit, zda musí být čerstvá kompozice POPbetonu® pro vyzrání a dosažení pevnosti tepelně ošetřena. Úvodní pokusy prokázaly, že je vhodné kompozici ponechat 24 hodin v klidu, kdy dosáhne falešné tuhosti, a následně ošetřit. Ověřování probíhalo v laboratorních sušárnách, vzorky byly zakryté fólií. Teplota se pohybovala mezi 40 až 80 °C v rozmezí 6 až 48 hodin.



Obr. 1. Vliv množství popílku na výslednou pevnost geopolymerního betonu po 28 dnech; tepelné ošetřování 24 hodin při 80 °C

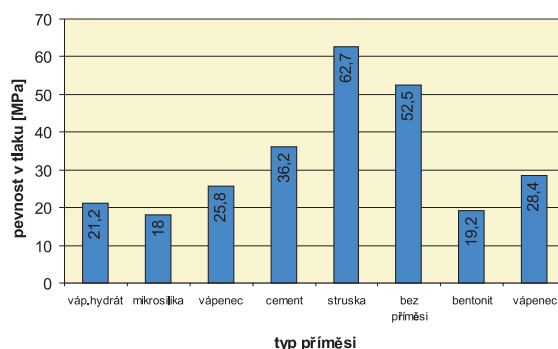


Obr. 2. Vliv poměru vodního skla k hydroxidu sodnému na výslednou pevnost geopolymerního betonu po 28 dnech; tepelné ošetřování 24 hodin při 80 °C

Vlastnosti

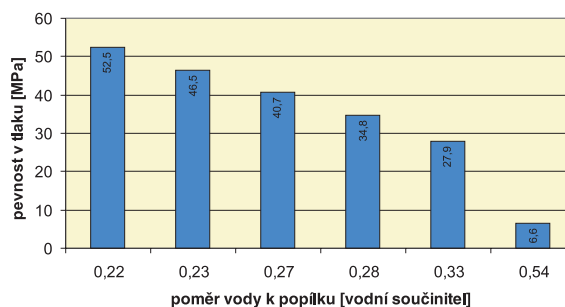
Výsledné vlastnosti závisejí na mnoha faktorech, nejen na složení čerstvého betonu, ale také na technologii výroby, zpracování a způsobu tepelného ošetřování:

- vliv množství popílku na výslednou pevnost geopolymerního betonu se zjišťoval u vzorků jednotlivých sérií, u nichž se postupně měnil obsah popílku od 5 do 50 % na hmotnost kameniva. Ostatní složky byly dávkovány v konstantním množství;
- ověření nejvhodnějšího poměru alkalických aktivátorů probíhalo řadou zkušebních sérií, u nichž byl při konstantním dávkování kameniva a popílku měněn poměr alkalických aktivátorů. Posuzovanou veličinou byla 28denní pevnost v tlaku;
- dalším bodem vyhledávacích zkoušek bylo ověření vhodnosti příměsí, používaných v běžném cementovém betonu, pro geopolymerní beton. Ukázalo se, že většina z nich nemá na výslednou pevnost po 28 dnech výrazný vliv, většina dokonce prokázala vliv negativní. Nejvýznamnější zlepšení nastalo při použití vysokopecní strusky, která se aktivně zapojila do geopolymerizace úletového popílku (obr. 3);
- vodní součinitel *w* byl v analogii s cementovým betonem definován jako poměr celkového množství vody, v tomto případě vody obsažené v roztocích alkalických aktivátorů a vody přidávané do čerstvého betonu pro zlepšení zpra-



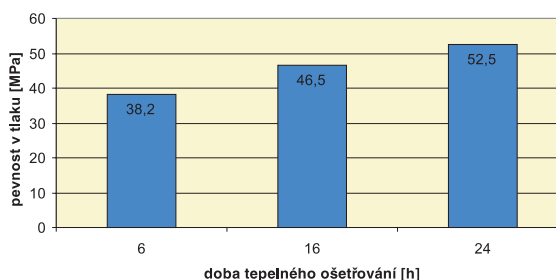
Obr. 3. Vliv použitého typu příměsí na 28denní pevnost geopolymerního betonu; tepelné ošetřování 24 hodin při 80 °C

covatelnosti, k množství úletového popílku. V grafu na obr. 4 je vyhodnocen jeho vliv na výslednou pevnost geopolymerního betonu. Množství vody v roztocích alkalických aktivátorů bylo konstantní, měnilo se pouze množství vody přidávané. Z grafu je vidět, že vodní součinitel, tak jako u cementového betonu, výslednou pevnost podstatně ovlivňuje. S rostoucím vodním součinitelem klesá pevnost v tlaku. U geopolymerních betonů dochází k poklesu koncentrace roztoků alkalických aktivátorů, které pak ztrácejí schopnost dokonale rozpouštět oxidy obsažené v popílku. To vede k podstatnému zhoršení geopolymerizace;



Obr. 4. Vliv vodního součinitele na 28denní pevnost geopolymerního betonu; tepelné ošetřování 24 hodin při 80 °C

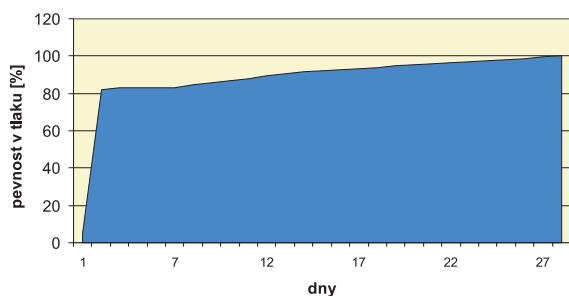
- z grafu na obr. 5 je patrné, že výslednou pevnost geopolymerního betonu podstatně ovlivní také doba tepelného ošetřování. Při optimální dávce alkalických aktivátorů rozdíl 28denní pevnosti v tlaku mezi tepelným ošetřováním při teplotě 80 °C po dobu 16 a 24 hodin činí 13 %;



Obr. 5. Vliv doby tepelného ošetřování na 28denní pevnost geopolymerního betonu; tepelné ošetřování při 80 °C

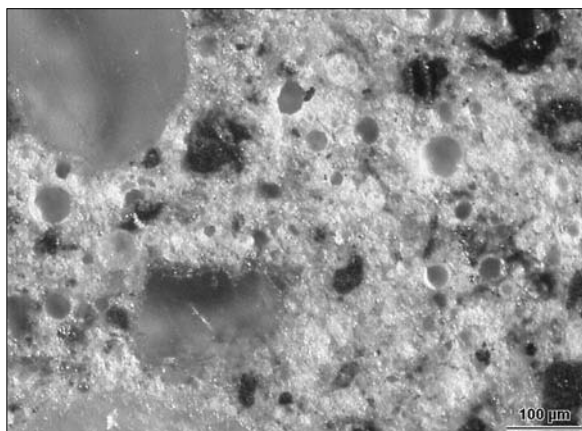
- na základě dostupných publikací se předpokládalo, že pevnost v tlaku již po počátečním nárůstu během geopolymerizace významněji neroste. Vyhodnocení jednotlivých sérií zkoušek však ukázalo, že po počátečním nárů-

stu na hodnotu přibližně 83 % během tepelného ošetřování dochází k pozvolnému růstu i po uložení v běžných podmínkách. Při dosažení 28denní pevnosti činil průměrně 20 %. Lze předpokládat, že pevnost bude růst i v delším časovém horizontu;



Obr. 6. Průběh průměrné pevnosti geopolymerního betonu v čase

- na obr. 7 je na nábrusu vidět vedle jednotlivých zrn kameniva dobře zhutněný geopolymerní tmel alkalicky aktivovaného popílku, který však vykazuje značné množství uzavřených vzduchových pórů různé velikosti. Rovněž je patrná dokonalá přilnavost popílkového tmelu k zrnům kameniva.



Obr. 7. Mikrostruktura geopolymerního betonu



Obr. 8. Vzorek zámkové dlažby vyrobené z geopolymerního betonu

Použití

Při současném poznání vlastností a používané technologie výroby lze geopolymerní betony uplatnit především ve speciálních aplikacích a v prefabrikaci. Během několika hodin

lze vyrobit beton s velkou mechanickou pevností, která pokračuje v růstu s časem. Vzhledem k tomu, že je při výrobě tepelně ošetřován, hodí se na prvky konstrukční, předpjaté (pražce, trámy), kusová staviva (cihly, dlaždice, obrubníky), chemicky odolné prvky (troubky, tanky, vyzdívkové bloky) a prvky odolné vysokým teplotám.

Literatura

- [1] Harper, R. – South, W. – Knight, R.: Geopolymers – a Commercial Reality. Geopolymers 2002, Melbourne, 2002.
- [2] Krivenko, P. V. – Kovalchuk, G. J.: Heat-Resistant Fly Ash Based Geocements. National University Kyiv, 2002.
- [3] Silverstrim, T. – Rostami, H. – Clark, B. – Martin, J.: Microstructure and Properties of Chemically Activated Fly Ash Concrete. Drexel University, Philadelphia, 2003.
- [4] Phair, J. W. – Smith, J. D. – van Deventer, J. S. J.: Characteristics of Aluminosilicate Hydrogels Related to Commercial Geopolymers. University of Melbourne, 2003.

Žamberský, M. – Svoboda, P.: Production Technology, Characteristics and Exploitation of Geopolymer Concrete

Geopolymer is a term for inorganic polymer produced by alkali activation of the basic material. It is an amorphous alkali aluminosilicate with a spatial structure resembling zeolitic precursors.

Žamberský, M. – Svoboda, P.: Herstellungsweise, Eigenschaften und Anwendung von Geopolymerbeton

Geopolymer ist eine Benennung für ein Polymer, das durch alkalische Aktivierung eines Grundmaterials entsteht. Es handelt sich um ein amorphes alkalisches Aluminiumsilikat mit einer den zeolithischen Vorläufern ähnlichen räumlichen Struktur.

Stavební obzor na CD

Ročníky

2002, 2003, 2004, 2005

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

Cena:

1 ročník na CD

včetně krabičky a přebalu 400 Kč

poštovné + balné (dobírka) 100 Kč

Objednávky:

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

Mechanické, tepelné a vlhkostní vlastnosti energosádry modifikované hydrofobizátory

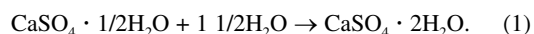
Ing. Pavel TESÁREK
prof. Ing. Robert ČERNÝ, DrSc.
ČVUT – Fakulta stavební, Praha

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

V článku je studován vliv hydrofobizačních přísad na základní, mechanické, tepelné a vlhkostní vlastnosti energosádry. Výsledky experimentů ukazují, že základního cíle hydrofobizace, tj. zpomalení pronikání kapalné i plynné fáze vody do materiálu, bylo dosaženo, ovšem za cenu zhoršení mechanických vlastností.

Úvod

Pevná struktura sádry vzniká rehydratací hemihydrátu síranu vápenatého za vzniku sádrovce



Takto vytvořený produkt je rozpustný ve vodě, a to v množství přibližně 0,256 g ve 100 g vody při 20 °C [1]. Použití konstrukčních prvků na bázi sádry je proto bez speciálních úprav možné pouze v interiéru. V exteriéru je nutné sádro proti vlhkosti zajistit, a to jak v podobě kapalné (např. deště), tak plyné. Toho lze dosáhnout hydrofobizací:

- vnitřní, při které se prášková přísada za sucha smíchá se základní surovinou, zejména při přípravě litých prvků. Kapalný hydrofobizátor se přidává v příslušném poměru do vody, čímž dojde k modifikaci hmoty materiálu;
- povrchovou, nanesením prostředku pouze na povrch vyrobeného prvku. Možné je nanášení klasické nátěrové hmoty štětcem, ručním nebo strojním postřikovačem. V těchto případech se předpokládá aplikace pouze na jednu stranu prvku vystaveného náročnějšímu vlhkostnímu klimatu. Obdobně je tomu u cihelných lícovek, u kterých se speciálně upravuje pouze exteriérová část. Menší prvky lze do hydrofobizačních prostředků namáčet, aby pronikly do větší hloubky. Nejčastěji se používají pryskyřice (resiny), silikony, soli vyšších mastných kyselin, fluorované polymerní uhlovodíky;
- oběma způsoby.

Hydrofobizační sádry se v dosavadním výzkumu zabýval jen Colak [2], který impregnoval povrch sádry různými typy epoxidové pryskyřice a studoval jejich vliv na mechanické vlastnosti a pronikání vody do takto povrchově upraveného materiálu. U některých pryskyřic v podstatě tomuto jevu zcela zabránil.

V tomto článku je prezentována modifikace energosádry hydrofobizačními přísadami při její přípravě. Cílem je především zlepšit vlhkostní vlastnosti materiálu jako takového, a nikoli jen jeho povrchu. Pro porovnání vlastností hydrofobizované sádry se základním materiálem jsou použita referenční data z prací [1], [3].

Hydrofobizační přísady

Studium účinků hydrofobizačních přísad na vlastnosti energosádry bylo rozděleno do dvou skupin experimentů. V první byl hledán vhodný hydrofobizační přípravek a jeho nevhodnější koncentrace v sádrové směsi. Druhá sloužila k získání reprezentativní sady základních fyzikálních, mechanických, tepelně technických a vlhkostních parametrů pro porovnání s vlastnostmi referenčního materiálu.

Při výběru hydrofobizátoru a vhodné koncentrace bylo základním kritériem jednak pronikání kapalné vody do materiálu, tedy jeho nasákavost, jednak snížení pevnosti v závislosti na koncentraci. Nasákavost byla určena orientačním trojrozměrným experimentem, při kterém byly vzorky uloženy do nádoby s vodou tak, aby byly ponořeny minimálně 1 cm pod hladinou, a poté pravidelně váženy až do ustálení hmotnosti. Zkoušky pevnosti v tlaku a v tahu za ohybu se prováděly na vzorcích 40 x 40 x 160 mm. U zkoušky pevnosti v tahu za ohybu šlo o standardní třibodový ohyb, tělíska se do zařízení vkládala kolmo na směr hutnění. Pevnost v tlaku se měřila na jejich zlomcích po zkoušce pevnosti v tahu za ohybu, zatěžovací plocha lisu byla 40 x 40 mm.

Ve druhé skupině experimentů, která měla dát obraz o základních tepelných, vlhkostních a mechanických vlastnostech hydrofobizované sádry, byly nejprve určeny základní fyzikální vlastnosti, jako je objemová hmotnost, hustota matrice a otevřená pórovitost, vážením a měřením suchých vzorků. Z mechanických vlastností se ověřovala pevnost v tlaku a v tahu za ohybu v závislosti na čase a na obsahu vlhkosti ve vzorku.

Základní tepelné vlastnosti – součinitel tepelné vodivosti, měrná objemová tepelná kapacita a součinitel teplotní vodivosti – se ověřovaly přístrojem ISOMET 2104 na vzorcích 70 x 70 x 70 mm pro tři různé vlhkostní stavy: vzorek vysušený při 80 °C, přirozeně vlhký v laboratorním prostředí s 50% relativní vlhkostí a teplotou 25 °C a vzorek nasycený pod vodou. Z vlhkostních vlastností byl určen faktor difúzního odporu stacionární miskovou metodou s 5% a 30% relativní vlhkostí. Sorpční a desorpční izotermy byly určeny exsikátorovou metodou za simulování různé relativní vlhkosti pomocí roztoků solí. Pro popis transportu kapalné vlhkosti byl stanoven součinitel absorpce vody a průměrný součinitel vlhkostní vodivosti v jednoduchém experimentu na vzorcích 50 x 50 x 25 mm. Podrobný postup a princip těchto metod popisují články [1], [3] věnované vlastnostem nemoifikované sádry.

Materiály

Zkušební tělesa byla podobně jako v předešlých etapách výzkumu [1] vyrobena z energosádry z elektrárny Počerady. Čistota energosádrovce byla vyšší než 98 %. Vodní součinitel voda/sádra pro referenční sadu S0 byl 0,627, stejně jako pro všechny modifikace.

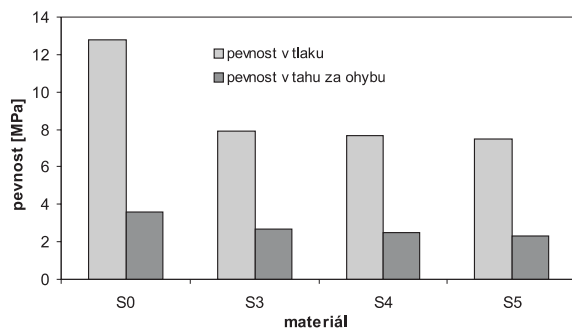
Z nabídky hydrofobizačních přípravků byl vybrán stearan zinečnatý, LN KOLÍN, WACKER BS PULVER 6, VINNAPAS RE 524 Z, VINNAPAS RE 554 Z, IMESTA IBS 47, ZONYL 9027 A ZONYL 301. Zkoušely se jak přípravky určené pro sádrová pojiva, tak přípravky pro hydrofobizaci silikátových stavebních materiálů. Jako perspektivní hydrofobizační přísada byl po prvních experimentech vybrán přípravek Imesta IBS 47 od firmy Imesta (Dubá u České Lípy) v koncentraci 0,5 % hmotnostních na hmotnost suché sádry. Přípravek byl nejdříve důkladně rozptýlen v sádře, a teprve následně byla směs vysypána do vody. Vzorky byly označeny S3. Druhým přípravkem byl kapalný ZONYL 9027 od firmy Du Pont (USA). Byl aplikován jako 5% roztok ve vodě s označením S4. Třetím hydrofobizátorem pro druhou fázi experimentů byl rovněž kapalný ZONYL 301 od stejné firmy, aplikovaný jako 5% roztok s označením S5 (tab. 1).

Tab. 1. Složení materiálů

Materiál	Vodní součinitel	Přísada	Koncentrace
S0	0,627	žádná	žádná
S3	0,627	IMESTA IBS 47	0,5 % hm.
S4	0,627	ZONYL 9027	5% roztok
S5	0,627	ZONYL 301	5% roztok

Výsledky a diskuze

Hodnoty objemové hmotnosti, otevřené pórovitosti a hustoty matrice jsou uvedeny v tab. 2. U modifikovaných materiálů došlo k mírnému zvýšení otevřené pórovitosti, ačkoli množství záměsové vody bylo stejné jako u referenčního materiálu. Tomu odpovídalo i snížení objemové hmotnosti. Pevnost v tlaku a v tahu za ohybu (normová) je uvedena na obr. 1. U všech modifikovaných materiálů došlo k výraznému snížení pevnosti – v tlaku se v porovnání s referenčními vzorky S0 snížila z 13 MPa na hodnoty mezi 7,5 až 8 MPa, v tahu za ohybu z 3,6 MPa na 2,3 až 2,7 MPa.



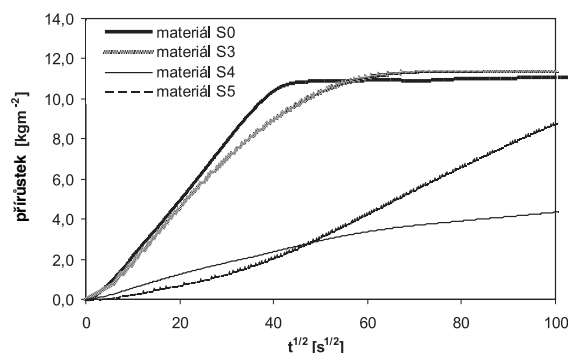
Obr. 1. Porovnání pevnosti v tlaku a v tahu za ohybu

Z porovnání výsledků absorpčního experimentu (obr. 2) je patrné, že ve vzorku S3 přípravek Imesta pronikání vody do materiálu nezabránil. U vzorků S4 a S5 byl tento efekt již výrazný. Tabulka 3 ukazuje, že vliv hydrofobizační přísady je zřetelný u koeficientu absorpce vody a podstatně výraznější u součinitele vlhkostní vodivosti. Vzorek S3 má v porovnání se vzorkem S0 hodnotu součinitele vlhkostní vodivosti asi o polovinu nižší, u vzorku S5 činí tento pokles již jeden řád, u vzorku S4 dokonce téměř dva řády. Hydrofobizace měla tedy zejména u materiálu S4 velmi pozitivní efekt a měla by výrazným způsobem bránit pronikání vody do materiálu.

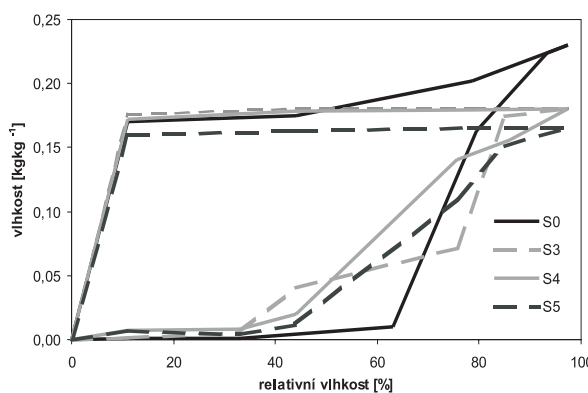
Z hodnoty faktoru difúzního odporu v tab. 3 je patrné, že u materiálů S4 a S5 došlo ke zvýšení o 20 %, pro materiál S3 pouze o 5 %. Vliv hydrofobizační přísady se tedy projevil podstatně méně než u transportu kapalné vlhkosti, což je opět pozitivní efekt, protože výrazné zpomalení přenosu vodní páry by pro materiál na bázi sádry bylo nežádoucí, mohlo by v konstrukci vést ke hromadění kondenzované vody.

Tab. 2. Porovnání základních vlastností

Materiál	Objemová hmotnost	Hustota matrice	Otevřená pórovitost [% obj.]
	[kg m ⁻³]		
S0	1 019	2 530	60
S3	998	2 530	61
S4	962	2 530	62
S5	930	2 530	63



Obr. 2. Výsledky absorpčního jednorozměrného experimentu



Obr. 3. Porovnání sorpční a desorpční izotermy

Tab. 3. Základní vlhkostní vlastnosti

Materiál	Koeficient absorpce vody [kg·m ⁻² ·s ^{-1/2}]	Vlhkostní vodivost [m ² ·s ⁻¹]	Faktor difúzního odporu [-]
S0	0,31	2,63 E-7	14,3
S3	0,25	1,47 E-7	15,1
S4	0,06	7,32 E-9	17,3
S5	0,11	2,61 E-8	17,5

Průběh sorpční a desorpční izotermy je velmi podobný pro všechny zkoumané vzorky (obr. 3). U hydrofobizované sádky klesla maximální nasorbovaná vlhkost, přičemž nejvýraznější byl tento efekt u materiálu S5. To je nepochybně pozitivní výsledek. Je však třeba poznamenat, že tvar desorpční izotermy byl u hydrofobizované sádky ještě méně příznivý než u referenčního materiálu. Je zřejmé, že všechny studované materiály po vystavení prostředí s vysokou relativní vlhkostí vysychají i v prostředí s velmi nízkou relativní vlhkostí velmi málo a jejich sorpční hystereze je velmi vysoká.

Základní tepelné vlastnosti přirozeně vlhkých vzorků, uložených v laboratorních podmínkách (50% relativní vlhkost a teplota 25 °C), jsou uvedeny v tab. 4. Součinitel tepel-

Tab. 4. Porovnání základních tepelných vlastností

Materiál	Součinitel tepelné vodivosti [Wm ⁻¹ K ⁻¹]	Měrná objemová tepelná kapacita E+6 [Jm ⁻³ K ⁻¹]	Součinitel teplotní vodivosti E-6 [m ² s ⁻¹]
S0	0,47	1,6	0,29
S3	0,41	1,51	0,28
S4	0,38	1,5	0,23
S5	0,39	1,5	0,26

né vodivosti pro modifikované materiály klesl téměř o 20 %, což nepochybně souvisí se zvýšením otevřené pórovitosti. Měrná objemová tepelná kapacita se snížila jen velmi málo, což je zřejmě jen výsledkem snížení objemové hmotnosti.

Tesárek, P. – Černý, R. – Rovnaníková, P.: Mechanical, Thermal and Hygric Properties of FGD Gypsum Modified by Hydrophobizers

The effect of hydrophobization admixtures on basic, mechanical, thermal and hygric properties of the gas desulphurisation (FGD) gypsum is studied in this paper. Experimental results show that the basic aim of hydrophobization, i. e. slowing-down water and water vapour penetration into the material, has been achieved, but only on the account of worsened mechanical properties.

Závěr

Ověřování vlhkostních a tepelných parametrů energosádky modifikované třemi různými hydrofobizačními přísadami ukázalo, že přípravky ZONYL 9027 a ZONYL 301 (materiály S4 a S5) mají pro praxi jistý potenciál. Jejich použití vedlo k výraznému poklesu součinitele vlhkostní vodivosti energosádky a pouze k mírnému zvýšení faktoru difúzního odporu. Zpomalení pronikání kapalné i plynné fáze vody do materiálu bylo ovšem dosaženo za cenu výrazného zhoršení mechanických vlastností. Při aplikaci těchto přípravků je tedy třeba vždy posoudit, zda pevnost neklesla pod přijatelnou mez. Přípravek IMESTA IBS 47 se pro zvolenou koncentraci 0,5 % hmotnosti neukázal být vhodným řešením. Pokles součinitele vlhkostní vodivosti modifikovaného materiálu byl zřejmě příliš malý, aby kompenzoval nevýhody snížení pevnosti.

Článek vznikl za podpory projektu MPO č. FT-TA3/005.

Literatura

- [1] Tesárek, P. – Černý, R. – Drchalová, J. – Rovnaníková, P. – Kolísko J.: Mechanické, tepelné a vlhkostní vlastnosti nemodifikované energosádky – Část 1. Stavební obzor 5 (2004) 138–142.
- [2] Colak, A.: Characteristics of Acrylic Latex Modified and Partially Epoxy – Impregnated Gypsum. Cement and Concrete Research 31 (2001) 1539–1547.
- [3] Tesárek, P. – Černý, R.: Basic Properties of Calcined Gypsum. Juniorstav 2004, Brno VUT, Fakulta stavební, 2004, Vol. 1, p. 294.

Tesárek, P. – Černý, R. – Rovnaníková, P.: Mechanische, wärme- und feuchtigkeitstechnische Eigenschaften von mit Hydrophobierungsmitteln modifiziertem REA-Gips

Im Artikel wird der Einfluss von Hydrophobierungszusätzen auf die grundlegenden, mechanischen, wärme- und feuchtigkeitstechnischen Eigenschaften von REA-Gips studiert. Die Ergebnisse von Versuchen zeigen, dass das grundlegende Ziel der Hydrophobierung, d.h. die Verlangsamung des Durchdringens der flüssigen und gasförmigen Phase des Wassers ins Material erreicht wurde, aber zum Preis der Verschlechterung der mechanischen Eigenschaften.

Ústav teoretické a aplikované mechaniky Akademie věd ČR

pořádá

7. konferenci Evropské komise "SAUVEUR"

Zachráněné kulturní dědictví – záruka porozumění a života v rozšířené Evropě

31. května – 3. června 2006, Reprezentační prostory Pražského hradu

Cílem konference je konsolidace a zhodnocení dopadů výsledků evropských výzkumných projektů v oblasti movitého a nemovitého kulturního dědictví. Konference bude speciálně zaměřena na využití výsledků výzkumu kulturního dědictví a pro-
věření ochoty uživatelů, malých a středních podniků, vlastníků, manažerů, restaurátorů a konzervátorů kulturního dědictví akceptovat nové technologie a nové trvale udržitelné přístupy k ochraně památek.

www.arcchip.cz/ec-conference

Tepelná vodivost materiálů na bázi minerální vlny částečně nasycených vodou

Ing. Zbyšek PAVLÍK, Ph. D.
Ing. Milena JIŘIČKOVÁ, Ph. D.
Ing. Lukáš FIALA
prof. Ing. Robert ČERNÝ, DrSc.
ČVUT – Fakulta stavební
Praha

V článku je stanoven součinitel tepelné vodivosti materiálů na bázi minerální vlny v závislosti na vlhkosti. Studovány jsou materiály s přísadami hydrofobizačními, hydrofilními a bez přísad. Data získaná experimentálně jsou analyzována homogenizačními metodami.

Úvod

Tepelné vlastnosti materiálů na bázi minerální vlny jsou z hlediska možnosti praktického využití, zejména ve formě tepelné izolačních desek, rozhodující. Většina výrobců uvádí v katalogových listech pro jednotlivé typy izolačních materiálů součinitel jejich tepelné vodivosti či měrné tepelné kapacity, většinou však pouze jako konstantní hodnoty bez udání podmínek, za jakých byly určeny. Při výběru tepelné izolačního materiálu pro specifické využití je nezbytné si uvědomit, že jeho tepelné vlastnosti závisejí na teplotě, vlhkosti a dalších parametrech. Závislosti součinitele tepelné vodivosti běžných minerálních vln na teplotě, což je nezbytný parametr např. pro izolaci rozvodů technického zařízení budov, je věnována pozornost v pracích [1] až [4]. Součinitel tepelné vodivosti desek na bázi minerální vlny v závislosti na vlhkosti je studován např. v práci [5]. Přenosem tepla v minerální vlně, způsobeném volnou konvekcí, se zabývá práce [6], radiační přenos tepla v minerálních vlnách je sledován v článcích [7] a [8]. Teoretické úvahy o existenci kombinovaného transportu tepla vnitřní strukturou materiálů na bázi minerální vlny byly publikovány v pracích [9], [10].

Mnohé materiály na bázi minerální vlny se v současné době vyrábějí s hydrofobizačními přísadami, neboť přítomnost vody v materiálu je často pro předpokládané využití nežádoucí. Hlavním důvodem pro hydrofobizaci bezesporu je, že s nárůstem vlhkosti několikanásobně stoupá součinitel tepelné vodivosti, což v důsledku vede ke ztrátě tepelné izolační funkce. S hydrofilními přísadami se u výrobků na bázi minerální vlny však setkáváme pouze zřídka, přestože tento typ materiálů má pro využití v praxi nemalý potenciál, např. ve vnitřních tepelně izolačních systémech.

Rozdílná úprava povrchu vláken minerálních vln vede k odlišným podmínkám pro výskyt vody v materiálu. Hydrofobizační přísady odpuzují vodu z povrchu vláken, díky čemuž dochází k tvorbě vodních kapek v porézním systému materiálu. Naopak, hydrofilní přísady molekuly vody na povrchu vláken vážou. Rozdílné umístění molekul vody v porézním systému mezi materiály na bázi minerální vlny upravených rozdílnými aditivami nepochybně ovlivňuje všechny materiálové parametry, u nichž je podstatný obsah vlhkosti, tedy i tepelné vlastnosti.

V článku uvádíme postup stanovení součinitele tepelné vodivosti několika materiálů na bázi minerální vlny v závislosti na vlhkosti. Studovány jsou materiály s hydrofobizačními přísadami, hydrofilními přísadami a materiály bez přísad upravujících vlastnosti minerální vlny s ohledem na transport kapalné vlhkosti. Hlavním cílem je identifikace vlivu polohy molekul vody v porézním systému na tepelné vlastnosti materiálů, a proto jsou dále data získaná experimentálně analyzována homogenizačními metodami.

Experimentální metody

Součinitel tepelné vodivosti byl stanoven multifunkčním zařízením ISOMET 104 slovenské firmy Applied Precision, Ltd. Přístroj pro stanovení součinitele tepelné vodivosti, součinitele teplotní vodivosti a objemové tepelné kapacity je vybaven několika typy sond. Jehlové sondy jsou určeny pro měření porézních, vláknových a měkkých materiálů, povrchové sondy pro tvrdé, kompaktní materiály. Měření je založeno na analýze teplotní odezvy materiálu na impulsy tepelného toku indukovaného odporovým elektrickým ohříváčem, který je v přímém kontaktu s povrchem vzorku. Různý obsah vlhkosti ve vzorcích, korespondující s hygroskopickou oblastí vlhkostí, byl navozen roztoky solí odpovídajícími specifické relativní vlhkosti. Větší než hygroskopická vlhkost byla získána ponořením vzorků do destilované vody po rozdílnou dobu. Obsah vlhkosti byl stanoven gravimetricky s chybou ± 1 %. Pro porovnání byla provedena měření jak jehlovými, tak povrchovými sondami.

Homogenizační metody

Pro homogenizaci může být porézní materiál považován za směs pevné, kapalné a plynné fáze. U sledovaných materiálů je pevná fáze reprezentována čedičovými vlákny, kapalná je zastoupena vodou, plynná vzduchem. Pracujeme-li s dokonale suchým materiálem, uvažujeme pouze pevnou a plynnou fázi. Objemový podíl vzduchu je jednoznačně určen pórovitostí materiálu. Při pronikání voda v materiálu zaplní část porézního prostoru, čímž se sníží objemový podíl vzduchu. Chceme-li homogenizačními metodami stanovit součinitel tepelné vodivosti materiálu jako celku, musíme znát součinitele všech jeho složek [11].

První z homogenizačních vztahů [12] předpokládá sférický tvar jednotlivých složek materiálu, druhý vychází z jejich jehlovitého uspořádání a poslední pracuje s deskovými tvary. Aplikovaná směšovací pravidla popisují vztahy

$$\lambda_{\text{eff}} = \lambda_M + \sum f_j (\lambda_j - \lambda_M) \cdot \frac{3\lambda_{\text{eff}}}{2\lambda_{\text{eff}} + \lambda_j}, \quad (1)$$

$$\lambda_{\text{eff}} = \lambda_M + \sum f_j (\lambda_j - \lambda_M) \cdot \frac{5\lambda_{\text{eff}} + \lambda_j}{3\lambda_{\text{eff}} + 3\lambda_j}, \quad (2)$$

$$\lambda_{\text{eff}} = \lambda_M + \sum f_j (\lambda_j - \lambda_M) \cdot \frac{2\lambda_j + \lambda_{\text{eff}}}{3\lambda_j}, \quad (3)$$

kde λ_{eff} je součinitel tepelné vodivosti materiálu, λ_M součinitel tepelné vodivosti pevné fáze (čedič, 3,0 W/mK), f_j objemový podíl vzduchu či vody, λ_j součinitel tepelné vodivosti vzduchu (0,026 W/mK) nebo vody (0,60 W/mK).

Nejprve byla směšovací pravidla aplikována při výpočtu součinitele tepelné vodivosti suchých materiálů. Následně byl stanoven jako funkce obsahu vlhkosti. Získané výsledky byly verifikovány podle Wienerových mezí [13], a to jak pro paralelní (4), tak sériový model (5). Tyto meze představují ve skutečnosti horní a dolní limit funkce závislosti součinitele tepelné vodivosti na obsahu vlhkosti a jsou popsány vztahy

$$\lambda_{\text{eff}} = \frac{1}{\frac{f_1}{\lambda_1} + \frac{f_2}{\lambda_2} + \frac{f_3}{\lambda_3}}, \quad (4)$$

$$\lambda_{\text{eff}} = f_1\lambda_1 + f_2\lambda_2 + f_3\lambda_3, \quad (5)$$

kde λ_{eff} je součinitel tepelné vodivosti studovaného materiálu, f_1 až f_3 objemový podíl jeho jednotlivých složek, λ_1 až λ_3 součinitel tepelné vodivosti složek.

Materiály a vzorky

Materiály, jejichž vlastnosti jsme studovali, vyrobila firma Rockwool, a. s., speciálně pro tyto účely. Jejich základní charakteristiky (pórovitost, objemová hmotnost), stanovené v laboratoři Fakulty stavební ČVUT, jsou včetně aplikované přísady uvedeny v tab. 1. Otevřená pórovitost materiá-

Tab. 1. Základní materiálové charakteristiky a typy přísad

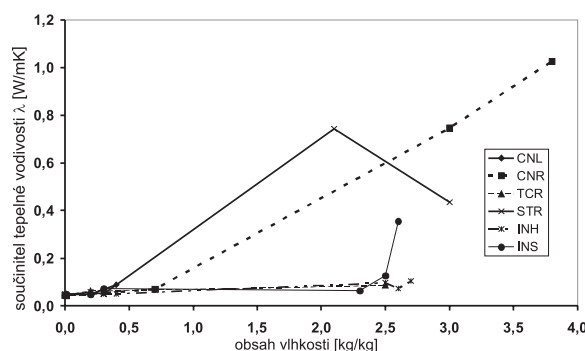
Materiál	Typ	Pórovitost [%]	Objemová hmotnost [kg/m ³]
CNL	hydrofobní	88,1	270
CNR	hydrofobní	95,6	110
TCR	bez přísady	96,4	90
STR	bez přísady	95,2	120
INH	hydrofilní	91,6	210
INS	hydrofilní	96,3	90

lů byla stanovena pomocí Archimédovy hmotnosti s přesností ± 5 %, přičemž nasycený obsah vlhkosti byl určen přirozenou nasákavostí vzorku ponořeného do nádoby s destilovanou vodou. Nebylo možné využít princip vakuové nasákavosti, neboť u materiálů na bázi minerální vlny by mohlo dojít k deformaci struktury pórů. Objemová hmotnost byla určena podle lineárních rozměrů vzorků (50 x 50 x 20 až 50 mm) a jejich vážením s přesností ± 5 %. Z tabulky je patrná závislost otevřené pórovitosti na objemové vlhkosti, která je ve shodě s předpoklady a zkušenostmi. Jednotlivá měření byla realizována vždy na pěti vzorcích od každého materiálu a pro příslušný obsah vlhkosti.

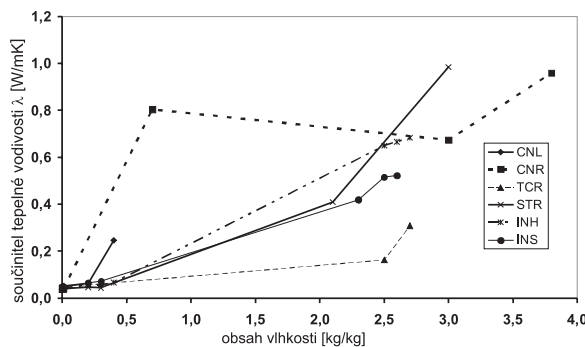
Výsledky a diskuze

Výsledky měření součinitele tepelné vodivosti, získané jak povrchovou, tak jehlovou sondou, jsou shrnuty na obr. 1

a obr. 2. U suchých materiálů i materiálů s malým obsahem vlhkosti, korespondujícím hygroskopické oblasti, vykazují závislost pouze na objemové hmotnosti příslušného typu. U materiálů s objemovou hmotností přibližně 100 kg/m³ byly hodnoty součinitele tepelné vodivosti λ přibližně 0,04 W/mK. Stoupaly s jejím nárůstem, což je ve shodě s referenčními daty [1]. Z porovnání výsledků získaných plošnou a jehlovou sondou je patrné, že získaná data jsou téměř identická, zejména pokud bereme v potaz rozsah chyb měřicí metody a použitého přístroje.



Obr. 1. Závislost součinitele tepelné vodivosti minerální vlny na obsahu vlhkosti stanovená jehlovou sondou rovnoběžně s vlákny

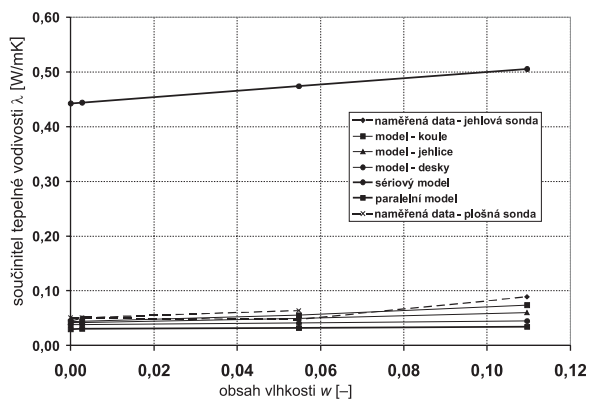


Obr. 2. Závislost součinitele tepelné vodivosti minerální vlny na obsahu vlhkosti stanovená plošnou sondou kolmo na vlákna

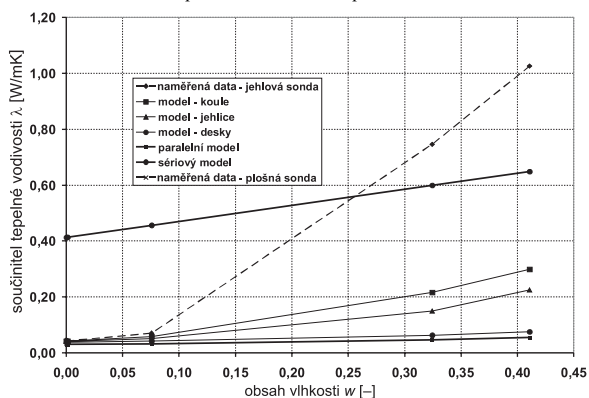
Součinitele tepelné vodivosti vzorků s větší než hygroskopickou vlhkostí však vykazují značné rozdíly jak mezi jednotlivými materiály, tak mezi hodnotami stanovenými rozdílným typem senzorů.

U hydrofilních materiálů INH a INS byly zjištěny systematické rozdíly mezi daty získanými povrchovou a jehlovou sondou s tím, že hodnoty λ naměřené povrchovou sondou byly vždy vyšší. Pro vysvětlení této skutečnosti je třeba si uvědomit, že povrchová sonda měří součinitel tepelné vodivosti ve směru kolmém na vlákna, zatímco sonda jehlová je umístěna přímo v materiálu rovnoběžně s vlákny. Povrchová sonda je v kontaktu s materiálem celá, zatímco jehlová vlákna protíná a její části nemusí být v kontaktu s vlákny, ale se vzduchem v porézní struktuře materiálu. Rozdíly součinitele tepelné vodivosti, naměřené různými typy sond, těchto rozdílům v kontaktu s jednotlivými složkami zjevně odpovídají. Je třeba připomenout, že pro stanovení kvality tepelně izolačních materiálů jsou rozhodující tepelné vlastnosti určené kolmo na desku, tj. ve směru přenosu tepla. Hodnoty určené jehlovou sondou paralelně s vlákny mohou být využity pouze pro dvojrozměrné výpočty transportu tepla.

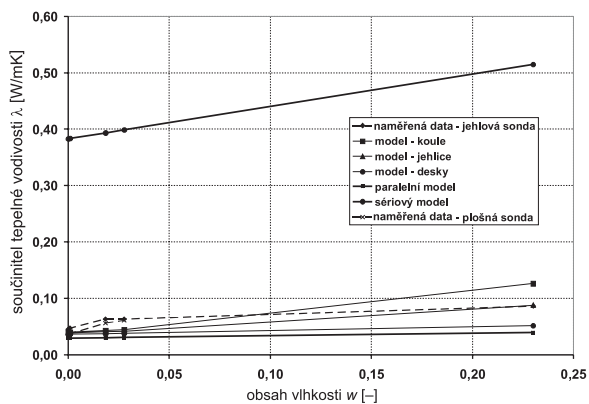
Nyní se podívejme na výsledky z kvantitativního hlediska. Součinitel tepelné vodivosti pro nejvíce nasycený vzorek



Obr. 3. Součinitel tepelné vodivosti materiálu CNL v závislosti na obsahu vlhkosti stanovený experimentálně a podle směšovacíh pravidel

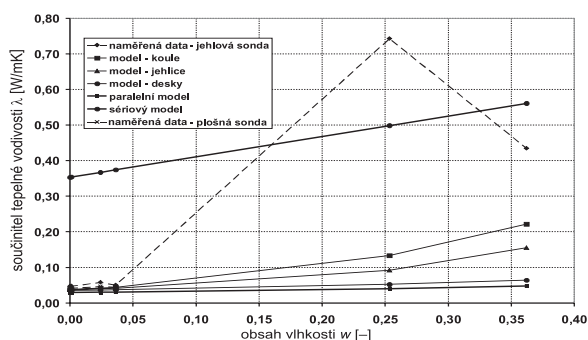


Obr. 4. Součinitel tepelné vodivosti materiálu CNR v závislosti na obsahu vlhkosti stanovený experimentálně a podle směšovacíh pravidel

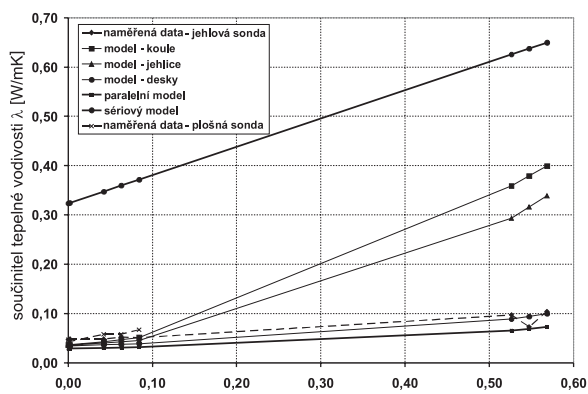


Obr. 5. Součinitel tepelné vodivosti materiálu TCR v závislosti na obsahu vlhkosti stanovený jehlovou sondou a podle směšovacíh pravidel

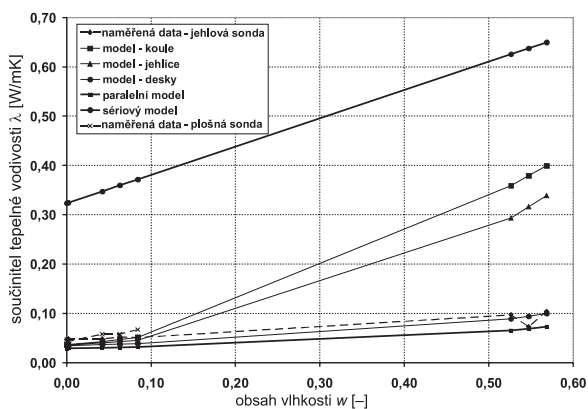
materiálu INH byl nepatrně vyšší a pro materiál typu INS nepatrně nižší než součinitel tepelné vodivosti udávaný v literatuře [11] pro vodu (0,60 W/mK při 20 °C). Tento výsledek se zdá být logický, neboť vyšší objemová hmotnost materiálu INH je způsobena větším obsahem vláken, čímž se snižuje velikost volného pórového prostoru pro absorpci vody. Výsledný součinitel tepelné vodivosti vlhkého materiálu se tedy musí pohybovat v rozmezí součinitelů tepelné vodivosti vody a čedičových vláken (3,0 W/mK). Lehčí materiál INS pak vykazuje nižší součinitel tepelné vodivosti v důsledku menšího obsahu vláken na jednotkový objem, což je spjato s vyšším obsahem vzduchu.



Obr. 6. Součinitel tepelné vodivosti materiálu STR v závislosti na obsahu vlhkosti stanovený jehlovou sondou a podle směšovacíh pravidel



Obr. 7. Součinitel tepelné vodivosti materiálu INH v závislosti na obsahu vlhkosti stanovený jehlovou sondou a podle směšovacíh pravidel



Obr. 8. Součinitel tepelné vodivosti materiálu INS v závislosti na obsahu vlhkosti stanovený jehlovou sondou a podle směšovacíh pravidel

Součinitele tepelné vodivosti hydrofobních materiálů a materiálů bez přísad vykazovaly v oblasti větší než hygroscopické vlhkosti difference zcela náhodně. Výsledky získané povrchovou sondou byly v některých případech vyšší, v některých naopak nižší než výsledky stanovené jehlovou sondou. V některých případech dokonce došlo k poklesu součinitele tepelné vodivosti s nárůstem vlhkosti. Typickým příkladem je materiál CNR.

Tyto, na první pohled nesystematické výsledky, přesto odpovídají předpokladům odlišného rozložení molekul vody v jednotlivých typech materiálů. Hydrofobizační přísady zabraňují přímému kontaktu vody s vlákny a ta, která nejsou

povrchově ošetřena, mají velmi nízkou smáčivost. Voda je přítomna v pórovém prostoru většinou ve formě náhodně rozptýlených kapek. Získané výsledky tedy reprezentují průměrnou hodnotu součinitele tepelné vodivosti pro vlhký vzorek, u něhož rozptýlení vlhkosti není možné považovat za homogenní.

Z kvantitativního hlediska došlo v některých případech u materiálů s hydrofobními přísadami a materiálů bez přísad k nárůstu součinitele tepelné vodivosti (materiály CNR a STR) až na hodnotu blízko 1 W/mK. Projevil se u nich jak vliv hydrofobizace, tak negativně vyšší objemová hmotnost, kdy opět vyšší obsah čedičových vláken způsobil nárůst součinitele tepelné vodivosti. Hodnoty u materiálů TCR a CNL byly velmi nízké, pohybovaly se kolem 0,30 W/mK. To je možné vysvětlit zbytkem vzduchu v jejich porézni struktuře.

Součinitele tepelné vodivosti, stanovené jako funkce obsahu vlhkosti podle tří Bruggemanových směšovacích pravidel a dvou Wienerových mezních pravidel, jsou pro jednotlivé materiály a oba typy sond prezentovány v *obr. 3 až obr. 8*.

Hodnotíme-li výsledky z pohledu Wienerových mezí, je zřejmé, že data naměřená pro materiály CNL, TCR, INH a INS tyto meze splňují, zatímco hodnoty součinitele tepelné vodivosti pro materiály CNR a STR leží mimo ně v podstatné části závislosti $\lambda(w)$. Tento fakt plně potvrzuje vliv polohy molekul vody v různých typech materiálů na jejich součinitel tepelné vodivosti. Objemová hmotnost materiálu je však také velmi důležitý parametr, neboť materiály CNR a STR mají nižší objemovou hmotnost než materiály CNL a TCR se stejnou úpravou vláken.

Získané výsledky je možné vysvětlit pomocí následující hypotézy. Materiály s vyšší objemovou hmotností mají pevnější strukturu, díky níž nedochází k tak významným deformacím vlivem nárůstu vlhkosti. U materiálů s nižší objemovou hmotností, a to jak hydrofobních, tak u materiálů bez přísad, dochází v důsledku nasycení vyšším množstvím vody k významným změnám vnitřní porézni struktury, které vedou k nárůstu součinitele tepelné vodivosti.

Analýza experimentálních dat a výsledků získaných využitím Bruggemanových směšovacích vztahů ukázala velmi dobrou shodu experimentu a výpočtu pro suché vzorky a vzorky s obsahem vlhkosti do 0,05 m³/m³. Rozdíly ve výsledcích získaných aplikací jednotlivých modelů byly velmi malé, zejména pokud vezmeme v potaz chybu přístroje $\pm 10\%$ z měřené hodnoty.

Výsledky pro materiály s vyšším obsahem vlhkosti se výrazně liší jak v závislosti na typu materiálu, tak sond. Součinitele tepelné vodivosti hydrofilních materiálů INH a INS, určené jehlovou sondou, se pohybují v blízkosti paralelních Wienerových mezí, zatímco hodnoty získané plošnou sondou v blízkosti sériových Wienerových mezí. Toto zjištění je ve shodě s předpokládaným vlivem lokalizace vody na povrchu vláken hydrofilně modifikovaného materiálu. U hydrofobizovaného materiálu CNR a materiálu TCR bez jakékoli přísady se součinitele tepelné vodivosti nacházejí opět v blízkosti paralelních Wienerových mezí, což je bezpochyby následek nižšího objemového podílu vody. Součinitel tepelné vodivosti hydrofobizovaného materiálu CNR s nižší objemovou hmotností a materiálu TCR sleduje stejný trend, jaký byl pozorován u materiálů typu INH a INS. U těchto typů však byly hodnoty součinitele tepelné vodivosti, definované Wienerovými sériovými mezemi, překročeny.

Závěr

Výsledky měření a výpočtů součinitele tepelné vodivosti v závislosti na obsahu vlhkosti, stanovené pro šest odlišných typů materiálů na bázi minerální vlny, prokázaly, že aplikace homogenizačních metod může poskytnout poměrně přesný kvantitativní odhad jeho závislosti na vlhkosti i pro tak vysoce nehomogenní materiály, jakými jsme se zabývali. Přes relativně dobrou shodu výsledků není možné konstatovat, že by byl nalezen jednotný vztah pro výpočet závislosti součinitele tepelné vodivosti na vlhkosti v celém jejím rozsahu. U většiny materiálů se při nízkém obsahu vlhkosti pohyboval v blízkosti Wienerových paralelních mezí. Při nárůstu obsahu vlhkosti až k nasycenému stavu se získané hodnoty součinitele tepelné vodivosti blížily sériovým Wienerovým mezím. Aplikace Bruggemanových směšovacích vztahů se pro sledované typy materiálů neukázala jako vhodná a zůstává otevřenou otázkou, zda užití sofistikovanějších směšovacích pravidel povede k lepší shodě experimentu a výpočtů.

Článek vznikl za podpory projektu č. 106/04/0138 GA ČR.

Literatura

- [1] Kumaran, M. K.: IEA Annex 24 Final Report, Vol. 3, Task 3 Material Properties. IEA, Acco Leuven 1996.
- [2] Xinjun, Z. – Shiyong, W. – Hui, W. – Lingke, M. – Jianqing, W.: The Simulation of Thermal Insulation Property of Ceramic Fibers. Key Engineering Materials, Vol. 224–226 (2002), pp. 825–829.
- [3] Guo, X. – Jiang, H.: An Experimental Study of the Thermal Conductivity Behaviour of Insulating Materials at High Temperature. Journal of Tongji University, Vol. 15 (1987), pp. 71–76.
- [4] Ohmura, T. – Tsuboi, M. – Tomimura, T.: Estimation of Mean Thermal Conductivity of Anisotropic Materials. International Journal of Thermophysics, Vol. 23 (2002), pp. 843–853.
- [5] Chyu, M. C. – Zeng, X. – Ye, L.: Effect of Underground Water Attack on the Performance of Mineral Wool Pipe Insulation. ASHRAE Trans., Vol. 104 (1998), No. 2, ASHRAE, Atlanta, pp. 168–175.
- [6] Dyrbol, S. – Svendsen, S. – Elmroth, A.: Experimental Investigation of the Effect of Natural Convection on Heat Transfer in Mineral Wool. Journal of Thermal Envelope and Building Science, Vol. 26 (2002), pp. 153–164.
- [7] Ljungdahl, G. – Ribbing, C.-G.: Material-Dependent Infrared Transmittance of Mineral Wool. Applied Physics Letters, Vol. 49 (1986), pp. 26–28.
- [8] de Dianous, P. – Pincemin, F. – Boulet, P. – Jeandel, G.: Modeling and Experimental Evaluation of the Thermal Insulation Properties of Mineral Wool Products at High Temperature. ASTM STP Vol. 1320 (1997), ASTM, Conshohocken, pp. 243–258.
- [9] Campanale, M. – de Ponte, F. – Moro, L.: Thermal Resistance of Mineral Wool Products with Density Gradients: Theory and Experimental Procedures. Journal of Thermal Insulation and Building Envelopes, Vol. 21 (1997), pp. 68–90.
- [10] Petrov-Denisov, V. G. – Zholudov, V. S. – Gurev, V. V.: A Method for Estimating Heat-Shielding Properties of Mineral Wool Insulation Based on Silicate Fibrous Materials. Glass and Ceramics, Vol. 57 (2000), pp. 314–317.
- [11] Lide, D. R. (ed.): CRC Handbook of Chemistry and Physics, 79th Edition, CRC Press, Boca Raton, 1998.
- [12] Polder, D. – van Santen, J. H.: The Effective Permeability of Mixtures of Solids. Physica 12 (1946), pp. 257–271.
- [13] Wiener, O.: Die Theorie des Mischkoerpers fuer das Feld der stationaeren Stroemung. Abh. D. Leipz. Akad. 32 (1912), p. 509.

Pavlík, Z. – Jiříčková, M. – Fiala, L. – Černý, R.:
Thermal Conductivity of Partially Water Saturated
Materials on Mineral Wool Basis

Thermal conductivity of several types of materials on mineral wool basis is determined in dependence on moisture content in this paper. Materials with hydrophobic admixtures, hydrophilic admixtures and without any admixtures are studied, in particular. The obtained data are then analyzed using homogenization techniques.

Pavlík, Z. – Jiříčková, M. – Fiala, L. – Černý, R.:
Wärmeleitfähigkeit von teilweise mit Wasser gesättigten
Materialien auf der Basis von Mineralwolle

Im Artikel wird die Wärmeleitfähigkeit von Materialien auf der Basis von Mineralwolle in Abhängigkeit vom Feuchtegehalt bestimmt. Es werden Materialien mit Hydrophobierungszusätzen, hydrophilen Zusätzen und ohne Zusätze studiert. Die experimentell gewonnenen Daten werden mit Homogenisierungsverfahren analysiert.

● ocenění

Zlatý Permon

Zřizovateli ceny za bezpečnost v hornictví jsou Český báňský úřad, Odborový svaz pracovníků hornictví, geologie a naftového průmyslu a Odborový svaz Stavba České republiky. Ocenění se propůjčuje a uděluje organizacím podléhající dozoru Státní báňské správy České republiky jako práce uznání za vynikající výsledky v oblasti bezpečnosti práce. Hlavním partnerem je Kooperativa.



Do soutěže v kategoriích hlubinný důl (černé uhlí, lignit, uran), povrchový uhelný lom (hnědé uhlí), povrchový lom (pískovny, štěrkovny atd.), podzemní stavitelství včetně těžby ropy se může přihlásit každá organizace, která v hodnoceném roce nevykázala na svých pracovištích smrtelný pracovní úraz. Ve čtvrtém ročníku to bylo 61 organizací. V kategorii pro podzemní stavitelství včetně těžby ropy zvítězila Divize 5 a. s. Metrostav. Ocenění z rukou předsedy Českého báňského úřadu prof. JUDr. Romana Makaria, CSc., převzal bývalý člen naší redakční rady a ředitel Divize 5 Ing. Václav Soukup.

Plastiku stylizovaného důlního skřítky z vápence se zlatými konturami zhotovil jako putovní cenu akademický sochař Michal Moravec. Její zmenšená bronzová kopie zůstává oceněné organizaci natrvalo.

Tisková informace

● technologie

Rok zateplení



S neustálým růstem cen ropy a energií se ve všech oblastech hledají možnosti, jak snížit spotřebu těchto neobnovitelných zdrojů, aniž by bylo nutné měnit dosavadní způsob života či snižovat jeho kvalitu. Při zvyšujících se nákladech na vytápění, stabilním vývoji cen nemovitostí a poměrně nevýhodných úrokových mírách z peněžních vkladů si stále více majitelů rodinných a bytových domů uvědomuje, že nejlépe je ta energie, která se nespotřebuje, a nejlépe uložené úspory jsou v konstrukci vlastního domu.

Mnoho domů v naší zemi bylo projektováno a stavěno v dobách, kdy ceny energií byly zlomkem těch dnešních a problematikou jejich úspor se ve srovnání s překotností tehdejších technických či společenských změn chtěl málokdo zdržovat. Ještě dnes mnoho lidí netuší, že více než 60 % rodinných výdajů za energii (elektřinu, plyn, teplou vodu, benzín, naftu) je vynaloženo na vytvoření a udržení tepelné pohody vnitřního prostředí a že ztráty tepla vnějšími stěnami a okny mohou např. u běžných panelových domů dosahovat 60 až 85 %.

Přední výrobce zateplovacích systémů přichází tento rok s informační kampaní o možnostech úspor energie. Jádrem by mělo být bezplatné technické a legislativní poradenství, orientační tepelně technické výpočty, návrhy barevného ztvárnění fasád, doporučení zkušených a vyškolených firem a dohled nad konkrétními stavbami, což vše by mělo přehledně problematiku zateplování budov zejména pro drobné stavebníky a majitele rodinných domků. Kromě úspory finančních prostředků za vytápění by přínosem této osvěty mělo být i čistší životní prostředí v důsledku snižování tuhých emisí z lokálních topenišť, omezení emisí CO₂ z hromadné výroby energií a skleníkového efektu.

K dispozici je speciální poradenská linka, další informace lze nalézt na internetových stránkách a obchodních místech společnosti. Novinkou je bezplatné vystavení a získání EnergoPassu, který zaručuje kvalitu zabudovaných zateplovacích systémů a poskytnutých služeb.

Společně s odbornými organizacemi ČVUT Praha, ČSSI, ČKAIT, Springermedia, Era group a Jaga Media vyhláší Baunit, spol. s r. o., každoročně soutěž **Fasáda roku**. V letošním ročníku porotci vybírali z 98 prací, deset dalších nesplnilo podmínky soutěže. V kategorii novostavba získal první cenu bytový dům Bydlení u aleje v Praze 10, druhou polyfunkční dům Na okraji v Praze 6 a třetí Rezidence Charlotta Nouvelle v Praze 2. V kategorii rekonstrukcí získal první cenu Dům U bílého koníčka v Opavě, druhou zámek Velké Hoštice a třetí Jezuitská kolej Klatovy. V kategorii rekonstrukcí prefabrikovaného domu byla oceněna kolej Volha VŠCHT Praha. Zvláštní uznání mediálních partnerů získaly bytové domy v Laurinově ul. v Mladé Boleslavi a Zvláštní uznání ředitele společnosti Baunit Residence Classic – Dům seniorů Průhonice. Vítěznou stavbou internetového hlasování se stal Hrádek u Varnsdorfu.

Tisková informace

Řasy na stavebních objektech

prof. Ing. Richard WASSERBAUER, DrSc.
 ČVUT – Fakulta stavební
 Praha

Význam řas jako důležitých biokorozních faktorů byl objeven relativně nedávno. Ještě v sedmdesátých letech minulého století byly řasy považovány pouze za předchůdce vyšších rostlin a symbionty lišejníků. Teprve další výzkum prokázal jejich spoluúčast při postupné degradaci uměleckých kamenných artefaktů, některých typů střešních krytin, archeologických objektů, a zejména fasád domovních objektů.

V posledních letech se výrazně změnila stavebně fyzikální dispozice některých obvodových konstrukcí. S klesajícím součinitelem prostupu tepla dochází, v důsledku zateplení panelových objektů vnějším kontaktně zateplovacím systémem, ke snižování tepelného toku konstrukcemi, a tím i ke snižování vnější povrchové teploty. To ve svém důsledku znamená, že odpařování případného kondenzátu nebo ovlhčení deštěm je u zateplených konstrukcí pomalejší. Za jasných nocí navíc dochází k dlouhovlnnému vyzařování fasád

Tab. 1. Nejčastější rody řas na povrchu vlhkého stavebního kamene a uměleckých artefaktů

Sinice		Zelené řasy	
rod	nejčastější lokalita	rod	nejčastější lokalita
<i>Synechococcus</i>	vápence	<i>Chlorella</i>	substrátově nespecifický
<i>Plectonema</i>	substrátově nespecifický	<i>Muriella</i>	kámen
<i>Phormidium</i>	půda, vápenec, kámen	<i>Navicula</i>	substrátově nespecifický
<i>Chroococcus</i>	kámen	<i>Nitzschia</i>	substrátově nespecifický
<i>Pleurocapsa</i>	kámen	<i>Apatococcus</i>	substrátově nespecifický
<i>Gloeocapsa</i>	kámen	<i>Trentepohlia</i>	substrátově nespecifický
<i>Gloeobacter</i>	vápenec	<i>Klebsormidium</i>	kámen
<i>Lynxbya</i>	kámen	<i>Trebouxia</i>	substrátově nespecifický
<i>Nostoc</i>	umělecké artefakty, půda, kámen	<i>Stichococcus</i>	substrátově nespecifický
<i>Chroococciopsis</i>	extrémní biotopy	<i>Gloeocystis</i>	kámen
<i>Anabaena</i>	půda, kámen		

dy proti obloze, a tím k dalšímu ochlazení jejího povrchu i pod teplotu rosného bodu okolního vzduchu, čímž rovněž může vznikat bohatý kondenzát. Na takto zvlhčeném povrchu se jako pionýrské organizmy objevují různé druhy sinic a bakterií následované zelenými řasami (tab. 1). Brzy po nástupu řas se objevují mikroskopické vláknité houby, později mechy, případně i lišejníky (symbióza řas a hub).

Sinice

Zvláštní a nejstarší skupinu mezi řasami tvoří sinice. Stavbou buňky se podobají bakteriím, proto se také nazývají cyanobakteriemi (z řeckého cyaneos = modrý) a jsou také mezi bakterie řazeny. Nemají morfologicky diferencované jádro, asimilační barviva jsou uložena na specifických membránách, tzv. thylakoidech. Z běžných barviv chybí chlorofyl b, je však přítomen modrý fykocyanin a červený fykoerytrin, které jsou rozpustné ve vodě. Proto mohou být sinice šedé, modrozelené, případně žlutavé nebo červené. Rozmnožují se prostým dělením nebo vegetativně, a to částmi stélek, jednotlivými vlákníky nebo jejich úlomky.

Sinice jsou rozšířené po celém světě a vzhledem k jednoduché stavbě a schopnosti vázání vzdušného dusíku obývají i extrémní stanoviště. Náleží proto k průkopníkům života na holých skalách, fasádách i na střešních krytinách, kde připravují podmínky pro následný růst dalších organizmů. Zajímavým fyziologickým detailem, který částečně objasňuje jejich neobyčejnou odolnost, je přítomnost ochranných membránových pouzder a slizu, kterými jsou obaleny. Pouzdro slouží jako rezervoár vody, která je zde držena značnými molekulárními silami, přispívá také k tloušťce a stabilitě vytvářené krusty. Retence vody v krustě a její odpar se odráží i ve změnách objemu krusty. Při rychlém vysychání a zvlhčování vznikají síly, které vedou k uvolnění zrnků stavebního kamene. Symbiotické sinice zastupují ve stélce lišejníku tzv. fykobiont. Často jde o rody *Gloeocapsa*, *Chroococcus*, *Nostoc*, *Stigonema*, ze kterých se také spolu s mikroskopickými vláknitými houbami lišejník vytváří.

Zelené řasy

Tvoří tvarově velmi rozmanitou skupinu, která se velmi často vyskytuje na fasádách staveb. Jejich společným znakem je přítomnost asimilačních barviv chlorofylu a i b, α -i β -karotenu a xantofylu. Konečným asimilačním produktem je škrob. Zelené řasy mají řadu organizačních stupňů (monádový, hemimonádový, vláknitý aj.). Vegetativní buňky mají zpravidla jedno jádro, výjimečně jsou zelené řasy vícejaderné. Rozmnožují se jak nepohlavně (vegetativním dělením na dvě části, rozmnožováním zoosporami, hemisporami apod.), tak pohlavně (tvorbou zygot). Jsou všeobecně rozšířené a nacházejí se ve všech biotopech zeměkoule. Nalézají se ve vodách, obrůstají vlhký kámen, jsou v půdě, v kanálech i na sněhu. Často kolonizují vlhká místa staveb. Některé řasy žijí v symbióze se živočichy (zoochlorelly) nebo obdobně jako sinice s mikroskopickými vláknitými houbami (lišejníky často spoluvytvářejí rody *Stichococcus*, *Trebouxia*, *Trentepohlia* aj.).

Kromě těchto dvou hlavních skupin se můžeme na fasádách stavebních objektů výjimečně setkat se žlutozelenými řasami (*Xanthophyceae*), což je paralelní vývojová skupina k zeleným řasám. Tato skupina však nevytváří škrob. Na fasádě se mohou objevit i rozsívky (*Bacillariophyceae*), které sem zanese vítr.

Podmínky růstu

Řasy jsou přizpůsobeny růstu i ve velmi extrémních podmínkách. Adaptační systémy jsou nejrůznějšího charakteru. Mimo klidových stadií je to zejména tvorba slizových obalů a pochev, změna viskozity protoplazmy, změna struktury buněčných stěn a přítomnost doplňkových pigmentů. Řasy velmi dobře snášejí vyschnutí (až několik desítek let). Na kameni a stavebních fasádách nazýváme takovéto spící, nekultivovatelné mikroskopické formy poikilotrofní organizmy (syndrom „Šípkové Růženky“). V aridních podmínkách (na fasádách objektů) je pro řasy důležitá schopnost rychlého obnovení životní činnosti i po slabém zvlhčení. Po takovéto iniciační periodě se řasy rychle vrací do formy biofilmu a okamžitě počínají produkovat řadu metabolitů. Protože podobně jako rostliny vytváří fytohormon kyselinu abscisovou, která u rostlin zvyšuje odolnost proti stresu, jsou zvláště odolné proti vysoké salinitě a nízkému pH (pH 3).

Řasy nesnášejí pH okolo 12. Jakmile však vlivem atmosférické karbonátce klesne pH ve stavebním kameni pod 9, je jejich nástup na vlhkém substrátu nechráněném biocidem téměř nevyhnutelný. Na osluněném zdivu překonávají velké tepelné výkyvy (0 až 85 °C). Teplota stavebního kamene nad 45 °C indukuje barevné rezistentní formy (*Haematococcus*, *Pleurocapsa*). Na cementových omítkách vytváří typický oranžový film zelená řasa *Trentepohlia* (akumulací karotenu).

- Nejsou náročné na světlo. Vyskytují se sice především na méně osluněných severních a severozápadních fasádách domů včetně střech, avšak mohou bohatě vegetovat i při slabém osvětlení, ovšem ve spojení s nižší teplotou (okolo 0 °C). Je znám případ z jeskyní v Českém krasu, kde řasy vegetují na vlhké skále v okolí svítidel. Další (zejména rody *Pleurococcus* a *Trebouxia*) vystačí v nouzi se vzdušnou vlhkostí. Růst řas je proto výrazný především na jaře a v zimě, méně na podzim, kdy se rozvíjí *Nostoc* na poživu, *Chlorella* na stavebním kameni, *Chroococcus* na nástěnných freskách. V létě roste dobře pouze *Haematococcus* a *Hantzschia*.

- Nesnášejí silné sluneční záření, které je vysušuje. Naopak sinice i zelené řasy rostou velmi dobře v místech, kde je nějaký čas zadržována voda (římsy, parapety oken, balkóny, nerovné zóny zdiva, sokly). Častěji se vyskytují tam, kde stromy a keře rostlé blízko budovy vrhají dlouho stín.

Pro získání základních informací o osídlení fasád zateplených panelových objektů jsme analyzovali vzorky získané rýhováním povrchu fasády sterilním skalpelem nebo odběrem průhlednou lepicí páskou. Kultivace proběhla na minerálních půdách podle Knopa a na médiu Bold-Basal/Bristol při teplotě 18 až 20 °C. Z výsledků je zřejmé, že frekvence osídlení fasád zateplených panelových objektů je podstatně nižší. Na fasádě s kontaktním zateplovacím systémem jsme našli sinice *Gloeocapsa*, *Gloeotheca*, *Lyngbya*, *Nostoc* a *Mikrocystis* spp. Ze skupiny zelených řas byla nalezena pouze řasa *Klebshormidium* sp.

- Živiny si řasy berou z oxidu uhličitého, dusík z amonických solí nebo ze vzduchu. Protože obsahují chlorofyl, vytvářejí při fotosyntéze cukry, které slouží i jako zdroj živin

pro jiné mikroorganismy. Z hlediska výživy jsou řasy obligátně fototrofní, avšak u řady druhů byla prokázána schopnost přecházet fakultativně i na jiný způsob získávání energie či uhlíku. Fakultativně fotoheterotrofní a chemoheterotrofní byly zjištěny u všech hlavních skupin řas. U řady druhů je známa auxotrofie (řasy vyžadují ke svému růstu specifické sloučeniny) a mixotrofie (smíšený typ výživy). Některé obligátně fototrofní jsou schopny využívat jednoduché organické látky jako zdroj fosforu, dusíku a síry. Z tohoto důvodu se růst řas na fasádách zkrápěných deštěm zvyšuje v souvislosti se stále větší eutrofizací srážek (v současné době spadne za rok více než 20 kg dusíku na 1 hektar). Rozvoji řas napomáhá i adsorbce prachu a špíny a nejrůznějších těkavých látek na povrchu fasády za spolupůsobení větru. U zelené řasy *Chlorella* byla zjištěna přítomnost sedmi přenosových systémů, které umožňují využívat neutrální aminokyseliny obsažené v nečistotách včetně prolinu, bazické aminokyseliny včetně histidinu. Řasa má i specifický systém pro transport methioninu, glutaminu a threoninu. V tomto případě se chová jako bakterie či kvasinka. Některé sinice jsou schopny současně asimilovat jak CO₂, tak molekulární N₂ (rody *Anabena*, *Nostoc*, *Aphanothece*, *Oscillatoria*, *Gloeotheca*). Stávají se tak do značné míry nezávislé na přítomnosti zdrojů dusíku v substrátu.

- Obdobně jako jiné skupiny mikrobů i řasy žijí v různých společenstvech, kde svými metabolity obohacují další členy mikrobiální komunity, a přispívají tak ke zvýšení agresivity celé mikrobiální populace. Na stavebním kameni jsou za příznivých vlhkostních a nutričních podmínek téměř vždy přítomny mikrokolonie chemoorganotrofních bakterií a mikromycet (plísňí), mnohdy doprovázené aktinomycetami. Ty osidlují kámen především v sušším období a spolu se zástupci rodu *Bacillus* (*B. mycoides*, *B. subtilis*, *B. licheniformis* aj.) tvoří dominantní společenstvo suchých povrchů fasád i anorganické střešní krytiny. Velmi častá je též asociace řas a bakterií nebo řas a plísňí (řasa *Chlorella* sp. a bakterie *Micrococcus*, *Flavobacterium* spp. nebo řasa *Chlorella* spolu s plísňemi *Aspergillus*, *Penicillium*, *Cladosporium*, *Alternaria* spp.), případně řas plísňí a bakterií (řasa *Chroococcus*, plíseň *Trichothecium* sp., sirmé a nitrifikační bakterie).

Mikroskopické vláknité houby, zejména zástupci rodu *Alternaria*, jsou považovány za hlavní příčinu hnědých a černých skvrn v porostech řas na mramorech, pískovcích, vápencích a nyní i na fasádách stavebních objektů. *Alternaria alternata* roste i při teplotě -5 °C a v rozmezí pH 2,7 až 8. Spolu s dalším druhem *Alternaria tenuissima* náleží ke kyselinomilným plísňím. Další mikroskopickou vláknitou houbou je *Cladosporium sphaerospermum*, která je rovněž častá na vlhkých a chladných fasádách a náleží také mezi typickou psychrofilní flóru bytových objektů. Z dalších plísňí jsou to zejména zástupci rodů *Acremonium* (*A. butyri*, *A. murorum*, *A. strictum*), *Mucor hiemalis*, *Penicillium chrysogenum* (*P. aurantiogriseum*), které již patří mezi typické půdní mikromycety, jež se také, většinou větrem, dostaly na fasády stavebních objektů. Ve všech případech řasy udržují ve svém okolí vysokou vlhkost, čímž tvoří vhodné mikroklima pro růst dalších skupin mikroorganismů.

- Epilithické řasy, které rostou na povrchu stavebního kamene, jsou agresivní především svými metabolity. Syntetizují polysacharidy, aminokyseliny, vitamíny, organické kyseliny (citrónovou, glutamovou, glykolovou, šfavelovou, uronovou a další, není vyloučena ani tvorba nižších mastných kyselin), dusíkaté báze, barviva a další látky (produkty fotorespiračního procesu), které průvodní bakterie a plísně

asimilují rovněž za tvorby kyselin (šřavelové, citrónové, glukonové, α -ketoglutarové, itakonové, fumarové). Samy bakterie a plísňe rovněž produkují velké množství kyselin, zejména mravenčí, octovou, oxalocetovou, jablečnou, jantarovou, glyoxalovou, glukonovou, glukuronovou a šřavelovou. Dochází tak k acidolýze stavebního kamene a k tvorbě bohatých výkvětů se zvýšeným množstvím Ca^{2+} , K^+ , Na^+ , Mn^{2+} . Anionty kyselin reagují s kationty kamene za vzniku vodorozpustných solí, jejichž hydratace přispívá k výskytu vody v pórech stavebního kamene a k pozvolnému uvolňování kationtů chelatizací. To po delší době vede ke zvýšené pórovitosti a pozvolnému rozpadu povrchu stavebního kamene.

● Endolithické řasy aktivně penetrují stavební kámen, tvoří mikrodutinky různých tvarů a sekrecí rozpouštějí a vyluhují karbonáty přítomné ve stavebním kameni. Některé vláknité zelené řasy vytvářejí proplétáním vláken a slepováním částic omítek slizem souvislé povlaky a krusty. Například řasa *Trentepohlia sp.* obrůstá svými vlákny krystalické částice betonu, které postupně uvolňuje z podkladu. Řasy způsobují i estetické škody. Zachytávají velké množství prachu, a poté se objevují na stavbě v podobě špinavých mokvajících skvrn. Na pískovcích tvoří porosty řas spolu s prachovými částicemi, sazemí, vlákny hub a bakteriemi krustu, která produkuje na spodní straně sliz obsahující drobné částičky kamene. Při mrazových cyklech a fázové přeměně vody v led se pak částice kamene, do kterého jsou řasy prorostlé, odrolují. Krusta zároveň zabraňuje jeho „dýchání“.

Tab. 2. Biocidy doporučené v EÚ pro likvidaci řas a lišejníků

Označení	Chemické složení	Účinnost	
		řasy	lišejníky
TBTO*	tributylcín oxid	+	+
Dowicide	orthofenylfenolát sodný	+	
Santobrite*	pentachlorfenolát sodný	+	+
Fluometuron	1,1 dimethyl-3-(3-trifluoromethylfenyl) močovina	+	+
Chlorobromuron	3-(4-bromo-3-(chlorfenyl)-1-dimethyl močovina	+	
Methan	dimethyldithiokarbamat sodný	+	
Benzalkonium chlorid	alkylbenzyltrimethylamonium chlorid	+	+
Hyamine	methyldodecylbenzyltrimethylamonium chlorid	+	+
Merta	2-merkaptobenzthiazol sodná sůl	+	
Bromacile	5-bromo-3-secbutyl-6-methyl uracil	+	
Mergal K2	QUAT, chloracetamid	+	+
Preventol A4-S	N, Ndimethyl-N-fenyl-N-(fluordichlormethylthio) ftalimid		

* Biocidy na bázi pentachlorfenolu a tributylcín oxidu se nesmějí v České republice používat.

ucpává póry omítek a urychluje rozklad fasády. Při střídavém vysychání a navlhání se totiž roztahuje jinak než podklad. K obdobnému odrolování stavebního kamene dochází i při růstu sinic. Chasmoedolithické typy expandují ve vlhku o $300 \pm 170 \%$. Thalus lišejníků (ve spojení se sinicemi, např. rod *Collema*) zvyšuje objem při inhibici vody o $1\,400 \pm 350 \%$. Vzniklý tlak působí na částice kamene a přispívá k jeho drolení. Samy sinice dobře rostou na povrchu i v pórech a prasklinách stavebního kamene, případně kámen aktivně penetrují. Celý proces probíhá v několika etapách:

- řasy kolonizují vlhké trhliny v kameni o velikosti až několika milimetrů;
- růst a expanze řas v závislosti na přítomnosti vody;
- precipitace karbonátů okolo buněk sinic, $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 \leftrightarrow \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$ (proces je vratný);
- postupné otvírání trhliny kontinuální precipitací karbonátů a expanzí řas při inhibici vody;
- penetrace prachových částic do trhliny;
- částečné odumírání sinic zasypaných prachovými částicemi, změny v nanoklimatických podmínkách trhliny;
- kolonizace trhliny heterotrofními bakteriemi a plísněmi, případně hmyzem, roztoči a pavouky;
- zvýšení tlaku na stěny trhliny nově produkovanými organickými komponenty, odpadnutí povrchové vrstvy.

Celý korozní proces je však dlouhodobý a k výraznější destrukci kamene může dojít až za desítky let. Úvahy o možnosti ochrany stavebního kamene a likvidace řas je proto možné dělit do dvou skupin. Pokud je kámen zvlhčován často nebo trvale, je zřejmé, že se mimo řas budou na destrukci podílet i další skupiny mikroorganismů, někdy i vyšších organismů. Zvláště významná je přítomnost mechů a jätrovek. V tomto případě je vhodné aplikovat na stavební fasádu ve vodě nerozpustné biocidy, které je možné i proti účinkům ultrafialového slunečního záření chemicky stínit.

Druhou skupinu tvoří nárůsty řas na zateplených štítových stěnách panelových objektů. Zde dochází, podle našeho názoru, pouze k občasnému zvlhčení, a společenstvo řas je proto redukováno na několik rezistentních rodů. V tomto případě se jeví jako vhodnější aplikovat na štítové stěny nově vyvíjené materiály, které dlouhodobě zabraňují poklesu teploty pod rosný bod, případně aplikovat nátěry, u kterých snížení tepelné vyzařování přes den vede k vyšším maximálním teplotám a v noci k poklesu pod rosný bod. Vhodná je také úprava materiálových parametrů, zejména pH. Korozní aktivita řas je v tomto případě nepatrná, jejich výskyt může působit pouze estetický problém.

Velmi často se uvádí, že aplikace biocidů na fasády vyvolá velké zatížení okolního životního prostředí. Takové tvrzení je však pravdivé jen částečně. Většina biocidů se po kratší či delší době inaktivuje, především slunečním zářením, a rozkládá na neúčinné složky, které jsou ve stopách vyplavovány deštěm do okolní půdy. Zde je většinou bezzbytku likviduje půdní mikroflóra, která je schopna tuto chemickou zátěž rychle odstranit. Platí to zejména o biocidech na bázi karbamátů, derivátů močoviny a benzalkonium chloridu.

● Mezi nejúčinnější algicidy patří kvarterní amoniové sloučeniny, organociničité sloučeniny (nyní u nás zakázané), deriváty močoviny, karbamáty, deriváty benzthiazolu a lineární acetyly, různé typy S-N-heterocyklů, isothiazoliny ftalimidy a sulfamidy. Je věcí dalšího vývoje, zda by bylo možné aplikovat některou přímo do roztoku s organokřemičitými sloučeninami, a tím nejen chránit fasádu proti řasám, ale zvýšit i její hydrofobnost (tab. 2).

Příspěvek byl zpracován za podpory projektu VZ1 MSM 684 077 0001 „Spolehlivost, optimalizace a trvanlivost stavebních materiálů a konstrukcí“.

Literatura

- [1] Baur, B. – Frosberg, L. – Baur, A.: Species Diversity and Grazing Damage in Calcicolous Lichen Community on Top of Stone Walls in Oland, Sweden. *Annales Botanici Tennici*, 32, 239–250, 1995.
- [2] Bellizzone, A. M. – Caneva, G. – Ricci, S.: Ecological Trends in Travertine Colonization by Pioneer Algae and Plant Communities. *Int. Biodeterioration & Biodegradation* 51, 203–210, 2003.
- [3] Bolivar, F. C. – Sánchez-Castillo, P. M.: Characterization of Lithobiontic Algae Communities Colonizing Alhambra Fountains (Granada, Spain), 2nd International Symposium on Biodeterioration and Biodegradation. Sevilla, Abstracts p. 15, 1994.
- [4] Cho, B. H. – Komor, E.: The Amino Acid Transport Systems of the Autotrophically Growth Free Alga *Chlorella*. *Biochimica et Biophysica Acta-Membranes*, 823, 384–392, 1985.
- [5] Crispin, C. A. – Gaylarde, C. C. – Gaylarde, P. M.: Biofilms on Church Walls in Porto Alegre, RS, Brazil, with Special Attention to Cyanobacteria. *Int. Biodeterioration & Biodegradation* 54, 121–124, 2004.
- [6] Danin, A. – Caneva, G.: Deterioration of Limestone Walls in Jerusalem and Marble Monuments, in Rome, Caused by Cyanobacteria and Cyanophilous Lichens. *International Biodeterioration* 26, 239–417, 1990.
- [7] Delatore, M. A. – Gomez-Alarcon, G. – Vizciano, C. – Garcia, M. A.: Biochemical Mechanism of Stone Alteration Carried by Filamentous Fungi Living in Monuments. *Biogeochemistry* 19, 129–147, 1993.
- [8] Dornieden, Th. – Gorbushina, A. A. – Krumbein, W. E.: Biodecay of Cultural Heritage as a Space/Time Related Ecological Situation – an Evaluation of a Series of Studies. *Int. Biodeterioration & Biodegradation* 46, 261–270, 2000.
- [9] Garcia-Valles, M. – Urzi, C. – DeLeo, F. – Salomone, P. – Vendrell, S. M.: Biological Weathering and Mineral Deposits of Belevi Marble Quarry (Ephesus, Turkey). *Int. Biodeterioration & Biodegradation* 46, 221–227, 2000.
- [10] Guillitte, O. – Dreesen, R.: Laboratory Chamber Studies and Petrographical Analysis as Bioreceptivity Assessment Tools of Building Materials. *The Science of the Total Environment* 167, 365–374, 1995.
- [11] Gódyová, M. – Uher, B. – Šimonovičová, J. – Ševc, J.: Mikrobiální biodeterioracia kameňa. *Bulletin Čs. společnosti mikrobiologické*, 44, 37–48, 2003.
- [12] Lukešová, A. – Mašálek, B.: Půdní řasy, dosud málo známá součást fytoedafonu. *Bulletin Čs. společnosti mikrobiologické*, 31, 1–7, 1991.
- [13] Tomaselli, L. – Lamenti, G. – Bosco, M. – Tiano, P.: Biodiversity of Photosynthetic Microorganisms Dwelling on Stone Monuments. *Int. Biodeterioration & Biodegradation* 46, 251–258, 2000.
- [14] Schuman, R. – Häulner, N. – Klausch, S. – Karsten, U.: Chlorophyll Extraction Methods for the Qualification of Green Microalgae Colonizing Building Facades. *Int. Biodeterioration & Biodegradation* 55, 213–222, 2005.
- [15] Wasserbauer, R.: *Biologické znehodnocení staveb*. Praha, ABF 2000.

Wasserbauer, R.: Algae on Building Structures

The effect of algae as a partial biocorrosive factor has been discovered relatively recently. Even in the 1970's, algae were considered as mere precursors of higher plants and symbionts of lichens. Only further research proved their contribution to gradual degradation of stone artefacts, some types of roof covers, archaeological objects, and especially facades of buildings and houses.

Wasserbauer, R.: Algen an Bauwerken

Die Bedeutung von Algen als Biokorrosions-Teilfaktor ist erst vor relativ kurzer Zeit entdeckt worden. Noch in den siebziger Jahren des vergangenen Jahrhunderts wurden Algen nur als Vorläufer höherer Pflanzen und Symbionten von Flechten betrachtet. Erst die weitere Forschung erwies ihre Mitbeteiligung an der schrittweisen Zersetzung steinerer Kunstwerke, einiger Typen von Dachdeckungen, archäologischer Objekte und insbesondere von Gebäudefassaden.

● zprávy

Demolice „Stříšek“

V Praze se nejen staví, ale také bourá. Bezprostřední okolí stanice metra Nové Butovice více než dvacet let hyzdila budova nedokončeného obchodního centra, které místní obyvatelé nazývají „Stříšky“. Historie stavby sahá do osmdesátých let minulého století. Chátrající hrubá stavba obchodního komplexu, započatá na podzim 1986, se na dlouhé roky stala poněkud nestandardní dominantou této oblasti. Jejím majitelem, který odkoupil od Hl. m. Prahy objekt i pozemky, se stala firma Navatyp. Ani ona však zamýšlené obchodně administrativní centrum nedostavěla. V červenci 2002 prodala celý komplex firmě Real Estate Metronom.

Na základě podrobné analýzy bylo novému vlastníkovi zřejmé, že budovu nelze v původně plánované podobě dokončit, a proto požádal Odbor výstavby Městské části Praha 13 o povolení k jejímu odstranění.

Destrukce opuštěného staveniště je nutným předpokladem k realizaci nové vize. Investor již nyní vyhodnocuje výsledky architektonické soutěže vypsáné na využití uvolněného

pozemku. Výsledkem by mělo být „Polyfunkční centrum Nové Butovice Metronom“.



Tisková informace

Návrh stabilizace břehů „armovanou zemní konstrukcí“

doc. Dr. Ing. Miloslav ŠLEZINGR
VUT – Fakulta stavební
Brno

Zajištění stability břehů je velmi důležitou, mnohdy však podceňovanou součástí uvedení vodního díla do provozu. Právě včasná stabilizace může zabránit vzniku a rozvoji následného abrazního či erozního poškození. V článku jsou prezentovány první zkušenosti s využitím syntetických stabilizačních sítí za spolupůsobení kořenového systému vhodných dřevin na ohroženém a silně abradovaném pobřeží závlahové nádrže Bílovec na jižní Moravě.

Stabilizační opatření

Pro zřízení experimentální stabilizační plochy byla jako první lokalita vybrána závlahová nádrž Bílovec, střední ze soustavy tří závlahových nádrží. Horní nádrž průběžně „dotuje“ vodou nádrže níže ležící, tudíž hladina je v nich na setrvalé úrovni. Pouze v případě velmi suché periody dochází ke snížení hladiny ve střední, a postupně i v dolní nádrži. Za sledované období v letech 2002 až 2005 k poklesu hladiny nedošlo. Vybraná střední nádrž má abrazi výrazně narušené pobřeží a po dohodě s představiteli ZVHS Brno nám bylo umožněno připravit zvláště poškozenou část pobřeží pro zřízení experimentálně stabilizované plochy (obr. 1, obr. 2).



Obr. 1. Stav břehového území před návrhem stabilizace
(foto M. Šlezingr)



Obr. 2. Úprava břehu pro založení experimentální plochy
(foto M. Šlezingr)

V první fázi byl tedy vybrán poškozený úsek břehu vhodný pro založení experimentální plochy. Následovala jeho úprava a osazení geosyntetických sítí jako „zemní armatury“. Pro základ stabilizačního prvku byly vybrány geosyntetické sítě (geosítě) typu ENKAMAT 7220, 7010 a Tensar Mat. Výběr probíhal ve spolupráci s Ústavem geotechniky VUT FAST v Brně a Ústavem lesnické botaniky, dendrologie a typologie (ÚLBDT) FL MZLU v Brně. Prověřována byla řada vzorků jednotlivých geosítí v laboratorních i provozních podmínkách, ověřovány byly i jejich technické parametry.

Po zpracování geosítí ENKAMAT 7220, 7010 a Tensar Mat (obr. 3) do upraveného břehu (položení a uchycení geosítí + zásyp) jsme přistoupili k osazení řízků předem vybraných keřových vrb, a to *Salix fluviatilis* (vrba poříční), *Salix purpurea* (vrba nachová) a *Salix triandra* (vrba trojmužná). Výběr byl opět proveden ve spolupráci s ÚLBDT FL MZLU v Brně.



Obr. 3. „Zpracování“ geosítí do svahu tvořícího břeh nádrže
(foto M. Šlezingr)

Výběr nevhodnějších druhů dřevin probíhal formou zkušebních výsadeb řízků dřevin do perforovaných boxů (obr. 4, obr. 5). V jednotlivých boxech byly různé kombinace dřevin a geosítí.



Obr. 4. Zkušební výsadba vrbových řízků (zemina, geosít, zemina, vrbové řízky *Salix fluviatilis*, *Salix purpurea*, *Salix triandra*)

Zde byly po dva roky za stejných, přirozenému stavu blízkých podmínek (tj. venku, za působení všech klimatických faktorů) pravidelně sledovány přírůstky a průběžně i stav kořenového systému (rychlost jeho rozvoje a prorůstání geosítí).



Obr. 5. Detail prokořenění substrátu i geosítě po vyjmutí balu z boxu (foto L. Úradníček)

Řadu výsadeb v pokusných boxech bylo za dobu trvání experimentu nutno ze studijních důvodů zničit, ale osazených boxů bylo a je dostatečné množství a sledování probíhá i nadále.

Po osazení a zasypaní geosítí vrstvou zeminy silnou cca 30 až 50 mm (použita byla „vytlačená“ zemina, která zbyla po úpravě svahu) jsme ve sponu 400 x 400 mm zasunuli do upraveného svahu tvořícího břeh nádrže (skrz geosít) řízky vybraných dřevin, a to v pěti řadách. Ke dnu byly instalované geosítě přichyceny řadou vrbových řízků silných cca 20 mm a dlouhých cca 700 mm (zde pouze druh *Salix fluviatilis*), vzdálených od sebe přibližně 400 mm.

Na takto stabilizované ploše není realizované opevnění v počátku jeho působení vůbec patrné. V našem případě byl svah ještě oset travní směsí, což se však ukázalo jako problematické řešení vzhledem k rychlejšímu růstu travin, které následně omezovaly v růstu vrbové řízky.



Obr. 6. Osazování vrbových řízků (foto M. Šlezinger)

I přesto, že prvotní hodnocení je prezentováno po jedné vegetační sezóně, je z příložené fotodokumentace (obr. 7) patrný rozdíl v ústupu břehové čáry na svahu stabilizovaném vhodnou zemní armaturou s podporou kořenového systému vybraných dřevin a „srovnávacího“ svahu stabilizovaného pouze biologicky, tedy pouze vrbovými řízků bez podpory zemní armatury.

Na nádrži Bílovec byl břeh stabilizován výše popsanou metodou [5], [8], nebyla tedy nijak výrazně stabilizována pata svahu. U nádrží, kde efektivní délka rozběhu větru L_{ef} [9] nepřesahuje cca 500 m, je taková stabilizace v určitých případech možná. Na břehu nejsou stavby (komunikace, domy), jež je nutno zabezpečit, aj.

Ovšem ve většině případů je nutná řádná stabilizace paty svahu tvořícího břeh, případně řádná stabilizace paty abraz-



Obr. 7. Výrazný ústup břehové čáry v oblasti stabilizované pouze biologicky (foto M. Šlezinger)

A – vrbové řízky bez podpory břehové armatury, B – stabilizace geosítí s podporou kořenového systému

ního srubu s následnou úpravou svahu. Tato situace je experimentálně řešena na údolní nádrži Brno, kde je v první fázi prováděna úprava břehu včetně stabilizace paty svahu oživenou kamennou rovnaninou s následnou stabilizací svahu nad opevněnou patou. Tato stabilizace bude provedena vhodnou zemní armaturou s podporou kořenového systému vybraných dřevin analogicky. Uvažujeme o využití i jiné čeledi dřevin, např. dřínovitých.

Závěr

V následujících letech se zaměříme na výběr dalších lokalit pro založení experimentálních ploch, v jednání jsou především lokality na údolní nádrži Brno, a to abrazí výrazně narušené oblasti Sokolské koupaliště a Osada.

Předpokládáme pokračování experimentu s geosítěmi ENKAMAT 7220 a Tensar Mat, avšak v kombinaci s jinými druhy dřevin (jako nadějná se jeví např. *Salix interior*), a především pak s nově získanými vzorky geosyntetických sítí Polymat a Polymat 2020, případně POLYMAT 810 za podpory kořenových systémů osvědčených druhů *Salix purpurea* a *Salix fluviatilis*, případně dalších.

Práce v letech 2004 až 2005 probíhaly s podporou GA ČR a jejich osud v následujících letech záleží i na podpoře pokračování tohoto projektu. Vzhledem k prvním povzbudivým výsledkům a výraznému zájmu ze strany správců toků a nádrží však předpokládáme pokračování i v budoucích letech.

Článek byl zpracován za podpory projektu č. 103/04/0731 GA ČR.

Literatura

- [1] Huber, A.: Quantifying Impulse Wave Effect in Reservoare. XIX. Congres ICOLD, 1998.
- [2] Chmelař, J. – Meusel, W.: Die Weiden Europas. Wittenberg-Lutherstadt, 1986, 144 p.
- [3] Chmelař, J.: Ekologie vrb ve vztahu k činiteli vody. In: Funkce břehových porostů v krajinném prostředí. Brno, 1986.
- [4] Lukáč, M. – Abaffy, D.: Vlnenie na nádržkách, jeho účinka a protibrázne opatrenia. Bratislava, Príroda 1980.
- [5] Míča, L. – Šlezinger, M. – Úradníček, L.: Dílčí zprávy k řešení grantového projektu GA ČR 103/04/0731 (rok 2004 a 2005).
- [6] Novák, L. – Ibllová, M. – Škopek, V.: Vegetace v úpravách vodních toků a nádrží. Praha, SNTL 1986.
- [7] Spanilá, T.: Landslides and Abrasion Processes on the Shoerline of the Water Reservoir Nechrance. In: International Symposium, Rotterdam, 1996, pp. 579–583.

[8] Šlezinger, M.: Stabilizace říčních ekosystémů. Brno, CERM 2005.

[9] Šlezinger, M.: Břehová abraze. Brno, CERM 2003.

[10] www.pvpsyntetik.cz

Šlezinger, M.: Design of Stabilization of Banks with a Reinforced Earth Structure

Stabilization of banks is a very important, but oftentimes underestimated component of putting a waterworks into operation. Timely stabilization, though, may prevent origination and development of abrasive or erosive damage. This paper presents initial experience in the exploitation of synthetic stabilization meshes in combination with the effect of the root system of suitable tree species on an endangered and strongly abraded banks of the irrigation reservoir Bílovec in South Moravia.

Šlezinger, M.: Vorschlag für die Befestigung von Ufern mit einer „bewehrten Erdkonstruktion“

Die Sicherung der Stabilität von Ufern ist ein sehr wichtiger, oft jedoch unterschätzter Bestandteil der Inbetriebnahme eines Wasserbauwerks. Gerade die rechtzeitige Stabilisierung kann die Entstehung und Entwicklung einer nachfolgenden Abrasions- oder Erosionsbeschädigung verhindern. Im Artikel werden erste Erfahrungen mit der Anwendung synthetischer Stabilisierungsmatten unter Mitwirkung eines Wurzelsystems geeigneter Gehölze an einem gefährdeten und stark abgetragenen Ufer des Bewässerungsbeckens Bílovec in Südmähren vorgestellt.



Vodní dílo v krajině

21. června 2006

V rámci rozvojového projektu „Mezioborová hlediska vývoje technických odvětví a průmyslové architektury na území České republiky se zřetelem k jejich typologii“ připravuje Výzkumné centrum průmyslové dědictví ČVUT v Praze jednodenní konferenci spojenou s exkurzí. Proběhne na palubě lodi Malše cestou z Poděbrad do Mělníka skrze deset labských zdymadel. Cílem je z různých pohledů zhodnotit projekt splavnění středního Labe.

<http://vcpcd.cvut.cz>

• dizertace

Nové metody digitální letecké fotogrammetrie. Laserové skenování

Ing. Tomáš Dolanský

Dizertační práce se zabývá leteckým laserovým skenováním a konstrukcí terestrického laserového skeneru. Autor sestavil kód skriptu v aplikaci Halcon pro morfologické filtry, vytvořil aplikaci v řádku i ploše a provedl řadu zkoušek přesnosti měření skeneru.

Odolnost modifikovaných sanačních omítek proti vnějším degradačním vlivům

Ing. Martina Zapletalová

Dizertace prohlubuje znalosti o odolnosti sanačních omítek vůči vodě, soli a mikroorganismům. Dizertantka ověřila metody zkoušení omítek a účinnost přísad proti plísní.

Predikce potřeby vody pomocí neuronových sítí

Ing. Marek Němec

Práce generuje syntetické řady hodinové potřeby vody a je využitelná při návrhu a řízení vodárenských procesů.

Chemické injektážní metody pro ochranu zděných konstrukcí proti vztlínající vlhkosti

Ing. Viktor Zwiener

Autor práce zhodnotil vybrané chemické prostředky a injektážní metody pro ochranu zděných konstrukcí a vypracoval vhodnou metodu pro sledování účinnosti injektážních roztoků. Přínosem jsou poznatky z experimentů prokazujících vliv mikroorganismů na účinnost injektáže.

Model Analysis of Pre-Lining Methods Used in Tunnel Construction

Ing. Vojtěch Vrba

Dizertace se zabývá stabilitním a deformačním chováním předstihových kleneb na čelbě tunelů. Chování se sleduje experimentálně na centrifuze i teoreticky modelováním kritických stavů zemin metodou konečných prvků. Výsledky se shodují.

Analýza neustáleného proudění s volnou hladinou v kruhovém potrubí

Ing. Vojtěch Bareš

V práci jsou obsaženy poznatky z teoretické i experimentální analýzy procesů probíhajících ve stokové síti při odvádění dešťových vod. Poznatky jsou využitelné při návrhu a řízení systémů městského odvodnění.

Věra Peterková, CSc.

STRUČNÝ TEMATICKÝ SLOVNÍK

anglicko-český

ekologie a životní prostředí

3. téma - znečištění - ovzduší - vody - půdy

Pollution - Air Pollution - Water Pollution - Soil Pollution

AIR POLLUTION

acid	kyselý; kyselina	o. depleting substances	látky poškozující (ztenčující) ozónovou vrstvu
a. rain	kyselý déšť	o. friendly	bezfreonový
a. pollution	kyselé znečištění	particulate air pollution	znečištění ovzduší částicemi
aerosol	aerosol	pollutant, syn. contaminant	škodlivina, znečišťující látka
affected dispersing conditions	zhoršené rozptylové podmínky	p. emission	emise škodlivin
air	vzduch, ovzduší, atmosféra	polluter	znečišťovatel
a. pollutants	polutanty, škodliviny v ovzduší, exhaláty	radiation	radiace, záření
a. quality standards	normy kvality ovzduší	r. damage	radiační poškození
airborne	rozptýlený ve vzduchu, roznášený vzduchem	r. pollution	radiační znečištění
a. combustion products	spaliny rozptýlené v ovzduší	smog situation	smogová situace
a. dust	polétavý prach	source	zdroj, pramen
ambient	okolní	s. of pollution, syn. pollution s.	zdroj znečištění
a. air	okolní vzduch	temperature	teplota; teplotní
blanket	vrchní vrstva	t. change	změna teploty
a protective b. of greenhousegases	ochranná vrchní vrstva skleníkových plynů	t. inversion	teplotní inverze
CFC (chlorofluorocarbon), částěji pl. CFCs	chlorfluorderivát uhlovodíku, freon(y)	thermal	teplný; termální; teplotní
chemical	chemikálie, chemická sloučenina	t. pollution	teplné, termální znečištění
ozone-depleting ch-s	chemikálie poškozující ozónovou vrstvu	warming	oteplování, zahřívání
concentration	koncentrace, zhušňování, seskupení	global w.	globální oteplování
average c.	přůměrná koncentrace	WATER POLLUTION	
particulate c.	koncentrace částic	acidification of rivers	zvyšování kyselosti řek
contain	obsahovat, zahrnovat, skládat se	aquatic	vodní
contributor	příspěvovatel	a. environment	vodní prostředí
deposited dust	usazený prach	bacteria pl.	baktérie pl.
dioxins	dioxiny	pathogenic b.	patogenní bakterie
dispersion	disperze, rozptyl	bacterial	bakteriální
exhalation	exhalace	b. contamination	bakteriální znečištění
fallout, též: fall-out	spad	b. toxicity	bakteriální toxicita
freon	freon	bacteriological	bakteriologický
greenhouse gases	skleníkové plyny	b. analysis	bakteriologická analýza
guides to air quality	ukazatel kvality ovzduší, vzduchu	b. pollution	bakteriální znečištění
improvement of air quality	zlepšení kvality ovzduší, vzduchu	biological	biologický
incidence of smog	výskyt smogu	b. water quality	biologická kvalita vody
level	úroveň	chlorinate	chlorovat
pollution l.	míra znečištění	chlorinated	chlorovaný
oxides of nitrogen	oxidy dusíku	ch. water	chlorovaná voda
ozone	ozón	chlorination of drinking water, syn. drinking water	
		chlorinating	chlorování pitné vody

contaminated water	kontaminovaná voda
contamination	kontaminace, znečištění, zamoření
c. of groundwater	kontaminace spodní vody
content	obsah
c. of fluoride	obsah fluoridu
demand for water of good quality	potřeba vody dobré kvality
deficiency	nedostatek, nedostatečnost
discharge	vytékání, vypouštění, odtok; tekutý odpad
d. of the sewage	vypouštění odpadních vod
drainage	odvodnění; odtok; kanalizace
d. network	odvodňovací systém
d. water	drenážní voda
groundwater pollution	znečištění podzemních vod
impurity	nečistota, příměs
non-potable water	užitková voda, nepitná voda
permissible	přípustný, povolený, dovolený
p. dose	přípustná dávka
pesticide	pesticid
p. residue	rezidua pesticidů
phenolated water	fenolová voda
poor quality water	špatná kvalita vody
protection of waterbodies	ochrana vod
pure spring water	čistá pramenitá voda
purification	čištění
reduce	snížit, redukovat
release to water	únik do vody, vypuštění do vody
risk of groundwater contamination	riziko kontaminace podzemní vody
runoff	povrchový odtok; splach
r. water	povrchová voda, odtoková voda
fertilizer r.	splach hnojiv
salinity	salinita, slanost
self-purification	samočištění
s. capacity	samočišticí schopnost
sewage	splašky
standard	norma
drinking water quality s-s	norma kvality pitné vody
treatment	čištění, úprava
wastewater, též: waste water	odpadní voda, splašky
water	voda
drinking w.; potable w.	pitná voda
polluted w., též: impure w.	znečištěná voda

SOIL POLLUTION

acidification	acidifikace, okyselování
a. of soil, <i>syn.</i> soil a.	okyselování půdy
acidity	acidita, kyselost
a. of ground	kyselost půdy
accumulation	akumulace, (na)hromadění

nitrate a., <i>syn.</i> nitrate enrichment	hromadění dusičnanů
agricultural	zemědělský
a. land	zemědělská půda
badlands, též: bad-lands	neúrodná půda, neobhospodařovatelné půdy (silně erodované půdy)
composition	složení, skladba, struktura
soil c.	složení, skladba půdy
conservation of soil, <i>syn.</i> soil conservation	ochrana půdy
contaminated soil	kontaminovaná, znečištěná, zamořená půda
decline	pokles, ubývání, úbytek
degradable	odbouratelný, rozložitelný
d. material	odbouratelný materiál
degradation	degradace, odbourávání, rozklad
d. of soil, též: soil d.	degradace, znehodnocení půdy
depletion	vyčerpání, ochuzení, ztráta
d. of fertility	vyčerpání půdní úrodnosti
d. of nutrients	ztráta živin z půdy
desert	poušť, pouštní
d. soils	pouštní půdy
desertification	desertifikace, šíření pouště
desiccation	vysoušení, vysychání, schnutí
d. damage	škoda způsobená vyschnutím půdy
earth	půda, zemina, země, souš; hlinka
erode	erodovat, rozrušovat povrch
e-ed soil	erodovaná půda
erosion	eroze
exhausted soil	vyčerpaná půda
heavy metal polluted soil	půda znečištěná těžkými kovy
leaching	vyluhování, vymývání
nutrient	živina, živná látka; výživný, živný
n. loss	ztráta živin
nutrient-poor soil	živinami chudá půda, půda obsahující málo živin
organically fixed nitrogen	organicky vázaný dusík
overall application of pesticides	celoplošná aplikace pesticidů
overexploitation	nadměrné využívání, drancování
overfertilization	přehnojení
pH factor, <i>syn.</i> pH number, Ph value	hodnota pH, hodnota kyselosti/zásaditosti
recover	regenerovat, navrátit do původního stavu
remediation	sanace
soil r.	sanace půdy
salinization, <i>syn.</i> salination	zasolení, zasolování
soil	půda; zemina, zem
s. deterioration	zhoršování půdy
topsoil	svrchní vrstva půdy; ornice
waste ground, <i>syn.</i> wasteland	neobdělávaný zničený pozemek devastované území

Literatura

[1] Krivka, P. – Růžička, J.: Odborný slovník anglicko-český a česko-anglický. Ekologie a ochrana životního prostředí. Praha, Loxia 1999.

[2] Hájková, J. a kol.: Anglicko-český a česko-anglický slovník ekologie a životního prostředí. Praha, Fontána 1998.

• technologie

Přežije výroba stavebních hmot v ČR?

Se shora uvedenou úvahou vystoupil v rámci letošních Stavebních veletrhů Brno na tiskové konferenci viceprezident Svazu podnikatelů ve stavebnictví ČR Ing. Rudolf Borýsek. Přes rekordní růst stavební výroby v posledních letech se výrobci stavebních hmot potýkají se stále většími problémy, ztrácejí konkurenceschopnost a své továrny zavírají nebo přesouvají směrem na východ. Za hlavní příčiny tohoto stavu lze považovat energetické náklady, environmentální politiku EU a ČR, nerovnoprávné postavení výrobců stavebních hmot a českých stavebních firem na trhu EU a zhoršující se podnikatelské prostředí v ČR.

Největší problém působí vývoj situace na trhu se zemním plynem a elektrickou energií. Po liberalizaci trhu v oblasti zemního plynu se stala situace neúnosnou. Koncem roku 2005 došlo ke zdražení plynu o 50 % a de facto k upevnění monopolu RWE. Do dnešního dne nebyl schopen antimonopolní úřad v této kauze rozhodnout a ještě znepokojivější je, že přes výrazně negativní dopad cen na obyvatelstvo mlčí vláda i parlament. Podobná je situace v oblasti elektrické energie, kde pro změnu státem ovládaný ČEZ vytváří rekordní zisky (22,3 mld. Kč po zdanění v roce 2005) na úkor obyvatelstva i průmyslu.

Řada hospodářských odborníků se shoduje, že evropská směrnice o obchodování s povolenkami na vypouštění oxidu uhličitého do ovzduší by měla být zrušena. Nemá výrazný vliv na stav životního prostředí, a navíc výrazně omezuje hospodářskou soutěž. Současný systém v podstatě znamená, že přidělem povolenek z pozice státu se určí, kolik maximálně může výrobce vyrábět, protože během dvou až tří let nelze realizovat investice vedoucí ke snížení emisí při zachování výroby. Obchodování s emisemi tak motivuje mnohé firmy k přesunu výroby do zemí, kde evropský systém povolenek neplatí. Kvůli tamním zastaralým technologiím se objem emisí oxidu uhličitého neustále zvyšuje. České a evropské firmy, které spadají do systému integrova-

né prevence IPPC (tedy zavádění nejlepších dostupných průmyslových technik), však již nemají další možnost, jak udržet výrobu, a současně omezovat emise.

Podle slov ing. Borýska bylo v roce 2005 v zahraničí realizováno pouze 1,4 % objemu stavebních prací, z toho většinu na Slovensku a v Polsku. V oblasti stavebních hmot a materiálů nebyly vyvezeny v podstatě žádné zdicí materiály, dovezeno jich však bylo téměř 300 tis. m³, což je více než 10 % domácí spotřeby. Podobně je tomu u cementu s vývozem cca 550 tis. t a dovozem 1 mil. t, což činí 25 % domácí spotřeby. Příčinou jsou již zmíněné energetické náklady a omezení v oblasti životního prostředí, nezdravě otevřený a liberální trh uprostřed ochranných opatření deformované Evropy, evropské normy, skrytý konkurenční boj, neschopnost českého státu zajistit kontrolu dodržování zákonů a norem u importovaných produktů, výrazné zpeřňování koruny a definované globální struktury a trhy.

Na zhoršujícím se podnikatelském prostředí v ČR se podílejí především zákony a rozhodnutí přijatá v poslední době, např. celkové daňové zatížení, explozivní minimální mzda, změny v zákoníku práce, nemocenském a úrazovém pojištění a další restrikce, nařízení a omezení.

Odborníci se shodují, že je třeba urychleně vytvořit podmínky pro skutečnou liberalizaci trhu se zemním plynem, zvážit možnosti privatizace ČEZ (a pokud privatizovat, tak pouze po zajištění konkurenčního trhu), podpořit domácí průmysl stavebních hmot v oblasti ekologických investic a investic spojených s přechodem na alternativní paliva (využití např. evropské fondy), praktikovat environmentální politiku, která nepoškodí zájmy obyvatel ČR, realizovat reciprocně stejná ochranná opatření, která standardně využívají některé státy a zajistit důslednou kontrolu dodržování zákonů, norem a zdravotní nezávadnosti dovážených stavebních hmot a materiálů.

Zpracováno podle tiskové informace

• zprávy

Začala výstavba Modré etapy kampusu Masarykovy univerzity



Masarykova univerzita se sídlem v Brně, založená v roce 1919, je v současnosti druhou největší univerzitou v České republice. Na jejích devíti fakultách působí přes 3 900 zaměstnanců a studuje přes 31 tis. studentů řádného studia.

Za přítomnosti ministryně školství Petry Buzkové, ministra financí Bohuslava Sobotky, zástupců města Brna a Masarykovy univerzity byla počátkem dubna slavnostně zahájena výstavba Modré etapy Univerzitního kampusu v Brně – Bohunicích, během níž bude postavena první část Akademického výzkumného a výukového areálu (AVVA). Navazuje na Integrované laboratoře biomedicínských technologií (ILBIT) slavnostně otevřené v říjnu loňského roku. V rámci Modré etapy vyroste prvních šest pavilonů areálu. V nich budou umístěna pracoviště Lékařské fakulty (část Biologického ústavu, Biochemický ústav a Ústav patologické fyziologie) a Přírodovědecké fakulty (katedry biochemie, organické chemie, anorganické chemie

a společné výukové laboratoře), dále pak Informační centrum, jež by v budoucnu měli využívat i studenti Fakulty sportovních studií, a nezbytné technické zázemí. Celková užitná plocha bude cca 8,6 tis. m². Po dokončení této etapy v létě 2007 vzniknou pracoviště pro zhruba 160 zaměstnanců Masarykovy univerzity a výukové prostory pro více než 1 400 studentů. Investorem je Masarykova univerzita a celkové náklady na realizaci dosahují 1,261 mld. Kč. Generálním projektantem je A PLUS BRNO, a. s., projektovým manažerem společnost Bovis Lend Laese, a. s., a zhotovitelem sdružení firem ŽS Brno & OHL.

Výstavba celého univerzitního kampusu bude stát 5,1 mld. Kč a je součástí Programu rozvoje Masarykovy univerzity financovaného ze státního rozpočtu, z úvěru od Evropské investiční banky a z vlastních zdrojů univerzity. Na výstavbě infrastruktury se částkou 300 mil. Kč podílí město Brno. Dokončení je plánováno na září roku 2008.

Tisková informace

Těžba a životní prostředí ve střední Evropě



12. –13. června 2006
Brno, hotel Holiday Inn

První ročník mezinárodní konference se uskuteční ve spolupráci s Evropskou asociací těžebního průmyslu EUROMINES, Slovenským združením výrobců kameniva a Polským Związkiem Pracodawców Producentów Kruszyw. Zaštitu nad akcí převzali ministr životního prostředí Libor Ambrozek, ministr průmyslu a obchodu Milan Urban, primátor města Brna Richard Svoboda, náměstek hejtmána Jihomoravského kraje Václav Horák a Evropská asociace těžebního průmyslu EUROMINES.

Témata:

Těžba v posledních letech
stav těžebního průmyslu v ČR a EU
– problematika udržitelného rozvoje

Vztah mezi těžbou a životním prostředím

Těžba jako krajinnotvorný faktor
představení nejlepších rekultivačních projektů
ve střední Evropě

Dokumenty Best Available Techniques (BAT)
Best Available Techniques Reference
Documents (BREF)
problematika ekologických a energetických auditů

Současně se v Brně uskuteční pravidelné zasedání Komise pro životní prostředí evropské asociace EUROMINES.

www.tezebni-unie.cz

• rekonstrukce

Národní technické muzeum získá původní podobu



Částečná rekonstrukce budovy Národního technického muzea mu vrátí podobu navrženou architektem Milanem Babuškou ve třicátých letech minulého století. Muzeum tak obnoví původní prostorový koncept výstavních sálů v jednotlivých poschodích, a zároveň jeho zaměstnanci získají důstojné zázemí pro svou badatelskou, archivní a expoziční práci.

Budova byla dostavěna v roce 1942, ale již podle projektu pozmeněného podle potřeb protektorátního ministerstva pošt, kterému byla nedobrovolně postoupena. Rekonstrukce neproběhla ani po skončení války, kdy se muzeum nastěhovalo alespoň do části objektu. Ministerstva a úřady, které obývaly více než polovinu objektu až do konce devadesátých let, pokračovaly v necitlivých úpravách. Přesto byla budova zapsána do seznamu kulturních památek. Projekt a koncepce rekonstrukce prošly schválením Odboru památkové péče Magistrátu hlavního města Prahy.

V současné době probíhá druhá etapa rekonstrukce hlavní budovy podle projektu firmy AR 18 Němec Žilka architekti. Do budovy se vrací řada původně zamýšlených, ale nikdy nerealizovaných prvků. Jedním z nich je například zábradlí na centrálním schodišti ve stylu art deco, které je realizováno podle zachovaných dobových výkresů. Podle původních projektů jsou obnovovány také kamenné obklady sloupů a stěn ve vestibulu, na schodištích a ve foyer.

V průběhu rekonstrukce získají novou podobu, respektující originální Babuškův návrh, také všechny vstupní prostory v jednotlivých podlažích. Okna budou vyměněna za repliky původních dřevěných. Zároveň bude muzeum zpřístupněno i návštěvníkům se sníženou pohyblivostí.

Rekonstrukce probíhá částečně za provozu. Národní technické muzeum jako investor předpokládá uzavření expozic pro návštěvníky od 12. září letošního do konce následujícího roku. Dokončení rekonstrukce je plánováno na únor roku 2008 a její náklady dosáhnou 167,4 mil. Kč. Práce provádí divize Stavitelství Praha závodu Pozemní stavitelství akciové společnosti ŽS Brno.

Národní technické muzeum bylo založeno roku 1908 a v letech 1938 až 1942 postavilo v Praze na Letné vlastní budovu pro dokumentaci a prezentaci vývoje vědy a techniky v českých zemích i v zahraničí. Sbírkou obsahují 60 tisíc předmětů, 135 tisíc archiválií a okolo 200 tisíc knih. Dokumentují vývoj vědy a techniky v oborech, jako jsou astronomie, exaktní vědy, geodézie, hornictví, hutnictví, strojírenství, měření času, fotografická a filmová technika, elektrotechnika, akustika, doprava, architektura, stavitelství, průmyslový design, sdělovací a spojovací technika, polygrafie, textil, chemie či potravinářství. Součástí sbírek je i rozsáhlý Archiv dějin techniky a průmyslu a odborná knihovna pro badatele a veřejnost.

Tisková informace

glasstec 2006

specializovaná přehlídka „glass technology live“
téma „Fotovoltaika integrovaná do fasády“

24. až 28. října 2006, Düsseldorf

www.bvv.cz

• tiskové informace

Rezidence Anděl City

Do Residence Anděl City na pražském Smíchově se již mohou stěhovat první majitelé bytů. Tři nové domy doplnily původní zástavbu a spolu s komerčním objektem uzavírají celý komplex Anděl City do městského bloku s vnitřní parkovou zahradou.

Komerčně administrativní komplex Anděl City realizuje společnost UBM Bohemia již od roku 1997. Již dokončená fáze zahrnuje kancelářské budovy, multikino Village Cinemas a hotel Andel's včetně apartotelu Andel's suites. V letošním roce vznikne dalších 4 500 m² kanceláří, tříhvězdičkový hotel Angelo se 168 pokoji a 127 bytů o celkové ploše 8.tis. m². Smíchov, kdysi dělnická průmyslová čtvrť se tak mění v jednu z nejrychleji se rozvíjejících částí Prahy.



Developer projektu, společnost UBM, patří k renomovaným rakouským společnostem. Má za sebou řadu velkých realitních projektů ve východní, střední a západní Evropě. Na vídeňské burze je vedena od roku 1873. Většinovým akcionářem je jedna z největších rakouských stavebních společností PORR, která je také generálním dodavatelem Residence Anděl City. Mezi tuzemské projekty UBM Bohemia dále administrativní a obchodní centrum Darex v Praze na Václavském náměstí, nákupní a zábavní centrum Velký Špalíček v Brně či Residence Zvonařka na pražských Vinohradech.

Novodvorská Plaza

Obchodně zábavní centrum shora uvedeného názvu vzniklo rekonstrukcí a přístavbou starší třípatrové kancelářské budovy uprostřed sídliště Lhotka v Praze 4. Výsledkem je architektonicky zajímavý objekt, který se rozkládá na ploše 26 tis. m². Společnosti Plaza Centers Czech Republic, která je jeho developerem, se tak podařilo realizovat svůj první projekt v České republice v rekordním čase jednoho roku. Stavbu, jejíž hodnota dosahuje 1,2 mld. Kč, zahájilo konsorcium společností Metrostav a Kajima v únoru 2005.



Hlavním nájemcem je hypermarket Tesco v přízemí budovy. Komplex dále nabídne kromě 110 obchodů administrativní a kancelářské prostory pro širokou škálu služeb, např. zdravotní středisko, veterinární ordinaci, cestovní kanceláře, právní kanceláře či jazykové školy. První patro je vyhrazeno zábavě a odpočinku pro celou rodinu, kterou zajistí multikino Cinema City s pěti sály nebo zábavní středisko Fantasy Park, jehož součástí je dětský koutek, osm bowlingových drah, video, billiardová herna a diskotéka. Dalším nájemcem z oblasti zábavy je kasino Merkur. V suterénu je pro návštěvníky k dispozici parkoviště s kapacitou 900 míst, s přímým přístupem do nákupního centra.

Společnost Plaza Centers Czech Republic je dceřinnou společností skupiny Plaza Centers Europe BV, mezinárodního specialisty rozvoje a managementu nákupně zábavních center. Realizovala řadu projektů tohoto typu v Maďarsku, Polsku, Lotyšsku, Rumunsku a Řecku. Novodvorská Plaza je jejím 24. projektem. Během dvou let plánuje výstavbu dalších projektů v Plzni a v Liberci.



Tektónica
 FEIRA INTERNACIONAL DE CONSTRUÇÃO E OBRAS PÚBLICAS
 INTERNATIONAL BUILDING AND CONSTRUCTION FAIR

UFJ
 Approved
 Event

23. – 27. května 2006

Lisabon

www.fil-tektonica.com



STAVEBNÍ OBZOR

ROČNÍK 15 ČÍSLO 06/2006

Navigace v dokumentu

OBSAH

Studnička, J. Evropské normy pro navrhování stavebních konstrukcí	161
Holický, M. Pravděpodobnostní ověřování a optimalizace trvanlivosti	164
Šejnoha, M. – Kalousková, M. – Šejnoha, J. Odhad časově závislé spolehlivosti a intenzity poruch zemního svahu	169
Jiříčková, M. – Černý, R. – Rovnaníková, P. Vlastnosti jemnozrnného betonu po aplikaci silikátové izolace s biochemickou modifikací	174
Pavlík, Z. – Černý, R. – Rovnaníková, P. Stanovení difúzních a vodivostních parametrů transportu solného roztoku ve stavebních materiálech	178
Michálek, P. – Pavlík, Z. – Tydlitát, V. – Černý, R. Tepelné a vlhkostní vlastnosti hydrofilních minerálních vln	183
Štroner, M. Virtuální laserový skener	187
Peterková, V. Anglicko-český slovník ekologie a životního prostředí IV	191

2 • 2006

ročník 15

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

Studnička, J. Evropské normy pro navrhování stavebních konstrukcí	161
Holický, M. Pravděpodobnostní ověřování a optimalizace trvanlivosti	164
Šejnoha, M. – Kalousková, M. – – Šejnoha, J. Odhad časově závislé spolehlivosti a intenzity poruch zemního svahu	169
Jiříčková, M. – Černý, R. – – Rovnaníková, P. Vlastnosti jemnozrnného betonu po aplikaci silikátové izolace s biochemickou modifikací	174
Pavlík, Z. – Černý, R. – – Rovnaníková, P. Stanovení difúzních a vodivostních parametrů transportu solného roztoku ve stavebních materiálech	178
Michálek, P. – Pavlík, Z. – Tydlitát, V. – – Černý, R. Tepelné a vlhkostní vlastnosti hydrofilních minerálních vln	183
Štroner, M. Virtuální laserový skener ..	187
Peterková, V. Anglicko-český slovník ekologie a životního prostředí IV	191

CONTENT

Studnička, J. European Standards for the Design of Building Structures	161
Holický, M. Probability Verification and Optimization of Durability	164
Šejnoha, M. – Kalousková, M. – – Šejnoha, J. Estimate of Time-Dependent Reliability and Intensity of Failures of Earth Slopes	169
Jiříčková, M. – Černý, R. – – Rovnaníková, P. Properties of Fine-Grained Concrete after Application of Biochemically Modified Silicate Protecting Layer	174
Pavlík, Z. – Černý, R. – – Rovnaníková, P. Determination of Material Parameters Describing Salt Solution Transport in Building Materials	178
Michálek, P. – Pavlík, Z. – Tydlitát, V. – – Černý, R. Thermal and Hygric Properties of Hydrophilic Mineral Wool	183
Štroner, M. Virtual Laser Scanner ..	187
Peterková, V. English-Czech Dictionary of Ecology and Environment IV	191

INHALT

Studnička, J. Europäische Normen für die Planung von Baukonstruktionen	161
Holický, M. Wahrscheinlichkeitsprüfung und Optimierung der Dauerhaftigkeit	164
Šejnoha, M. – Kalousková, M. – – Šejnoha, J. Schätzung der zeitabhängigen Verlässlichkeit und Intensität von Störungen einer Erdböschung	169
Jiříčková, M. – Černý, R. – – Rovnaníková, P. Die Eigenschaften von Beton nach Anwendung einer Silikatabdichtung mit biochemischer Modifikation	174
Pavlík, Z. – Černý, R. – – Rovnaníková, P. Bestimmung der Diffusions- und Leitparameter des Transports einer Salzlösung in Baumaterialien	178
Michálek, P. – Pavlík, Z. – Tydlitát, V. – – Černý, R. Wärme- und feuchtigkeits-technische Eigenschaften hydrophiler Mineralwollsorten	183
Štroner, M. Virtueller Laserscanner ..	187
Peterková, V. Englisch-Tschechisches Wörterbuch der Ökologie und der Umwelt IV	191

REDAKČNÍ RADA

Předseda:

prof. Ing. Jiří STUDNIČKA, DrSc.

Místopředseda:

doc. Ing. Alois MATERNA, CSc.

Členové:

doc. Ing. Pavel HÁNEK, CSc.

doc. Ing. Vladimír JELÍNEK, CSc.

Ing. Jiří KALA, Ph. D.

Ing. Jana KORYTÁROVÁ, Ph. D.

Ing. Karel KUBEČKA

doc. Ing. Ladislav LAMBOJ, CSc.

doc. Ing. Ivan MOUDRÝ, CSc.

doc. Ing. Jaroslav NOVÁK, CSc.

doc. Ing. Luděk NOVÁK, CSc.

doc. Ing. Miloslav PAVLÍK, CSc.

prof. Ing. J. PROCHÁZKA, CSc.

Ing. Vlastimil ROJÍK

Ing. Karel SVOBODA

doc. Dr. Ing. Miloslav ŠLEZINGR

Ing. Milan ŠMAK, Ph. D.

Ing. Ludvík VÉBR, CSc.

doc. Ing. Josef VITÁSEK, CSc.

prof. Ing. Jiří WITZANY, DrSc.

Ing. Renata ZDAŘILOVÁ

STAVEBNÍ OBZOR, odborný měsíčník, vydává Fakulta stavební ČVUT Praha společně s Fakultou stavební VUT Brno, Fakultou stavební VŠB TU Ostrava, Českou komorou autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě a Českým svazem stavebních inženýrů. Řídí redakční rada, vedoucí redaktorka Marcela Klímová. Adresa redakce: Thákurova 7, 166 29 Praha 6, tel./fax: 224 354 596, klimova@fsv.cvut.cz, http://web.fsv.cvut.cz/obzor. Vychází každý měsíc kromě července a srpna, cena za výtisk je 40 Kč včetně DPH (+ poštovné a balné). Objednávky odběru i reklamace přijímá Ing. Milan Gattringer, MG DTP, Borovanská 3388, 143 00 Praha 4, tel./fax: 241 770 220, e-mail: mgdtp@volny.cz. Odběr je možné zrušit až po vyčerpání zaplaceného předplatného. Inzerce adresujte redakci. Technická redakce a realizace: Ing. Milan Gattringer. Podávání novinových zásilek povoleno Ředitelstvím pošt Praha, č. j. NP 144/1994, ze dne 21. 10. 1994. Do sazby 11. 5. 2006. Nevyžádané rukopisy se nevracejí.

INDEX 47 755, ISSN 1210-4027

Evropské normy pro navrhování stavebních konstrukcí

prof. Ing. Jiří **STUDNIČKA**, DrSc.
ČVUT – Fakulta stavební
Praha

Evropské normy pro navrhování stavebních konstrukcí, ve veřejnosti známé jako Eurokódy, sjednotí navrhování konstrukcí ze všech materiálů v celé Evropě. V kompetenci jednotlivých států je nastavení úrovně bezpečnosti návrhu, ale metoda navrhování je společná. V blízké budoucnosti se tak završí téměř dvacetiletý proces sjednocování norem v této oblasti stavebnictví.

Úvod

Navrhovat stavební konstrukce v různých zemích Evropy není snadné, protože každá země má vlastní předpisy, které, i když jsou zpravidla založeny na podobných principech, se v podrobnostech liší. Navíc jsou napsány v jazyce příslušné země, a tak představují významnou překážku ve volném obchodu s projektováním a v důsledku toho i se stavebními pracemi v Evropě. Proto již před více než třiceti lety započaly snahy o sjednocení návrhových předpisů tvorbou tzv. modelových norem (Model Codes) iniciovanou mezinárodními odbornými organizacemi, jako byl FIP nebo ECCS. Postupně se iniciativy ujal CEN (evropský výbor pro normalizaci) a předložil plán na vytvoření celého komplexu norem pro navrhování stavebních konstrukcí souhrnně nazvaných Eurokódy (Eurocodes). Přestože původní časové plány naprosto selhaly, blíží se nyní doba, kdy Eurokódy vstoupí v platnost a ambiciózní projekt začne přinášet výsledky.

Krátká historie

CEN má bohaté zkušenosti s tvorbou evropských norem. Naprostou převahu těchto norem však tvoří stručné normy pro výrobky. Bylo proto ihned zřejmé, že vytvářet složité a obsažné normy pro navrhování bude nepoměrně obtížnější. Proto byl zvolen dvoustupňový model tvorby: v prvním kroku vznikly předběžné evropské normy (ENV) určené zejména pro ověření a k připomínkám, a teprve poté se přistoupilo k tvorbě norem definitivních, označených EN. Někteří čtenáři si ještě vzpomenou na první normy ENV pro navrhování ocelových, betonových, ocelobetonových a dřevěných konstrukcí. Ty předběhly tvorbu norem pro zatížení, a tak se údaje o zatížení nesystematicky zařadily do prvních kapitol

těchto norem pro navrhování. Současně se jako provizorium některé nezbytné údaje přebíraly i z národních norem a vznikal určitý chaos, který se někomu dodnes nepodařilo rozplést. Předběžné normy však byly na světě a zájem veřejnosti o ně byl u nás až neočekávaný a byl uspokojován na různých školeních a seminářích pořádaných především vysokými školami. Poznamenejme, že první z předběžných norem, ENV 1994-1-1 pro navrhování ocelobetonových konstrukcí, byla do systému ČSN převzata již v dubnu roku 1994. V krátkém sledu následovaly další normy, především pro beton a ocel, a později i další.

Postupem doby byly doplněny chybějící předběžné normy pro zatížení a celý soubor začal dostávat řád. Předběžné evropské normy ovšem v praxi zas až tak využívány nebyly, možná i proto, že nastavení součinitelů zajišťujících bezpečnost návrhu bylo trochu opatrnější než v původních ČSN a konstrukce navržené podle těchto norem proto nemohly ekonomicky konkurovat. Přesto však někteří zahraniční investoři dali přednost evropské normě napsané anglicky, německy a francouzsky před pro ně exotickou českou normou napsanou česky. Pomiňme tehdy časté snahy prosadit u nás normy německé: tento neblahý stav je již za námi.

Stav v roce 2006

Soubor evropských předběžných norem se rozrostl do obrovských rozměrů, ale ještě před dokončením posledních specializovaných norem se značné úsilí vrhlo na přechod (konverzi) předběžných norem na normy definitivní. Bylo totiž jasné, že pokud se evropské normy nevymaní z postavení víceméně studijního materiálu, může dojít ke zhroutilí celého projektu proto, že některé velké a významné země, jejichž národní normy postupně zastarávaly, přikročí k revizi těchto norem a celý evropský projekt tím pohřbí. Toto úsilí, zdá se, bylo korunováno úspěchem, protože zatímco tvorba předběžných norem se notoricky opožďovala o celé roky, konverze proběhla či probíhá úspěšněji. Těžko říci, zda je to důsledek zkušeností s evropským normalizačním procesem, nebo je to způsobeno přeci jen snadnějším převodem už hotové normy, než bylo kdysi vytváření zcela nové normy na zelené louce, a ještě pod vlivem jednotlivých zájmů prosadit do „evropy“ co nejvíce z obsahu národní normy. Současná situace vypadá nadějně, jak ukazuje *tab. 1* (sestavila Ing. Z. Aldabagová z ČNI), která sumarizuje stav ke konci roku 2005 i s uvedením termínů českých překladů hotových evropských norem včetně autorů překladů.

Tab. 1. Časový harmonogram zavádění evropských norem v ČR

EUROKÓDY						
	Název	Zpracovatel	Formální hlasování v CEN	Datum vydání v CEN	Předpokládané vydání v ČR	Vydání českého překladu
EN 1990	Zásady navrhování	KÚ ČVUT		04/2002		2004
EN 1990 – Příloha A2	Zásady navrhování – Příloha pro mosty	KÚ ČVUT – ing. Studničková		12/2005	2. pololetí 2006	
EUROKÓD 1						
EN 1991-1-1	Vlastní tíha	KÚ ČVUT		04/2002		2004
EN 1991-1-2	Požár	KÚ ČVUT		11/2002		2004
EN 1991-1-3	Zatížení sněhem	KÚ ČVUT		07/2003		2005
EN 1991-1-4	Zatížení větrem	KÚ ČVUT – ing. Král		04/2005	2. pololetí 2006	
EN 1991-1-5	Zatížení teplotou	KÚ ČVUT		11/2003		2005
EN 1991-1-6	Zatížení při provádění	KÚ ČVUT – ing. Marková		06/2005	2. pololetí 2006	
EN 1991-1-7	Mimořádná zatížení	KÚ ČVUT	11/2005			
EN 1991-2	Zatížení mostů dopravou	KÚ ČVUT		09/2003		2005
EN 1991-3	Zatížení jeřábových drah	KÚ ČVUT	11/2005			
EN 1991-4	Zatížení sil a zásobníků	ČVUT – doc. Brož	08/2005			
EUROKÓD 2						
EN 1992-1-1	Bet. konstr. – Obecná pravidla	ČVUT – prof. Procházka		12/2004	2. pololetí 2006	
EN 1992-1-2	Bet. konstr. – Požár	ing. Langer		12/2004	2. pololetí 2006	
EN 1992-2	Bet. konstr. – Mosty	ČVUT – doc. Hrdoušek		10/2005	konec r. 2006	
EN 1992-3	Bet. konstr. – Nádrže na kapaliny a zásobníky		09/2005			
EUROKÓD 3						
EN 1993-1-1	Ocel. konstr. – Obecná pravidla	IOK – prof. Melcher		05/2005	2. pololetí 2006	
EN 1993-1-2	Ocel. konstr. – Požár	ČVUT – prof. Wald		04/2005	2. pololetí 2006	
EN 1993-1-3	Ocel. konstr. – Tenkostěnné	ČVUT – prof. Studnička	11/2005			
EN 1993-1-4	Korozivzdorné oceli	IOK – ing. Rozlívka	11/2005			
EN 1993-1-5	Ocel. konstr. – Deskostěny 1	ČVUT – prof. Macháček	11/2005			
EN 1993-1-6	Ocel. konstr. – Skořepiny	IOK – prof. Křupka	04/2006			
EN 1993-1-7	Ocel. konstr. – Deskostěny 2	ČVUT – prof. Macháček	04/2006			
EN 1993-1-8	Ocel. konstr. – Spoje	ČVUT – prof. Wald		05/2005	2. pololetí 2006	
EN 1993-1-9	Ocel. konstr. – Únava	IOK – prof. Vejvoda		05/2005	2. pololetí 2006	
EN 1993-1-10	Ocel. konstr. – Křehký lom	ČVUT – doc. Rotter		05/2005	2. pololetí 2006	
EN 1993-1-11	Ocel. konstr. – Tažené prvky – lana	IOK	11/2005			
EN 1993-1-12	Ocel. konstr. – Oceli vys. pevnosti	IOK – ing. Hrala	05/2006			
EN 1993-2	Ocel. konstr. – Mosty	IOK	11/2005			
EN 1993-3-1	Ocel. konstr. – Stožáry	EXCON – ing. Janata	11/2005			
EN 1993-3-2	Ocel. konstr. – Komíny	EXCON – ing. Janata	11/2005			
EN 1993-4-1	Ocel. konstr. – Zásobníky	IOK	04/2006			
EN 1993-4-2	Ocel. konstr. – Nádrže	IOK – prof. Křupka	04/2006			
EN 1993-4-3	Ocel. konstr. – Potrubí	IOK – prof. Křupka	04/2006			
EN 1993-5	Ocel. konstr. – Piloty	IOK – ing. Rozlívka	04/2006			
EN 1993-6	Ocel. konstr. – Jeřábové dráhy	ČVUT – doc. Vraný	04/2006			
EUROKÓD 4						
EN 1994-1-1	Ocelobeton	ČVUT – prof. Studnička		12/2004	2. pololetí 2006	
EN 1994-1-2	Ocelobeton – Požár	ČVUT – prof. Studnička		09/2005	2. pololetí 2006	
EN 1994-2	Ocelobeton – Mosty	ČVUT – prof. Studnička		10/2005	konec r. 2006	
EUROKÓD 5						
EN 1995-1-1	Dřev. konstr. – Obecná pravidla	ČVUT – doc. Kuklík		11/2004	2. pololetí 2006	
EN 1995-1-2	Dřev. konstr. – Požár	ČVUT – doc. Kuklík		11/2004	2. pololetí 2006	
EN 1995-2	Dřev. konstr. – Mosty	ČVUT – doc. Kuklík		11/2004	2. pololetí 2006	
EUROKÓD 6						
EN 1996-1-1	Zděné konstr. – Obecná pravidla	KÚ ČVUT – ing. Pume		11/2005	1. pololetí 2007	
EN 1996-1-2	Zděné konstr. – Požár	ing. Pelc		05/2005	2. pololetí 2006	
EN 1996-2	Zděné konstr. – Provádění	TZÚS – doc. Klouda		01/2006	1. pololetí 2007	
EN 1996-3	Zjednodušený návrh	TZÚS – doc. Klouda		01/2006	1. pololetí 2007	
EUROKÓD 7						
EN 1997-1	Zakládání – Obecná pravidla	ČVUT – doc. Lamboj		11/2004	2. pololetí 2006	
EN 1997-2	Zakládání – Zkoušky	SG-Geotechnika – ing. Herle				
EUROKÓD 8						
EN 1998-1	Zemětřesení – Obecná pravidla	ÚTAM – prof. Fischer		12/2004	2. pololetí 2006	
EN 1998-2	Zemětřesení – Mosty	KÚ ČVUT – ing. Studničková		12/2005	1. pololetí 2007	
EN 1998-3	Zemětřesení – Zesilování	KÚ ČVUT – ing. Marková		06/2005	2. pololetí 2006	
EN 1998-4	Zemětř. – Síla, potrubí, zásobníky	KÚ ČVUT – doc. Makovička	03/2006			
EN 1998-5	Zemětřesení – Zakládání	ÚTAM – prof. Fischer		11/2004	2. pololetí 2006	
EN 1998-6	Zemětřesení – Věže	ČVUT – doc. Máca		06/2005	2. pololetí 2006	
EUROKÓD 9						
EN 1999-1-1	Hliníkové konstr. – Obec. Pravidla	ČVUT – prof. Wald				
EN 1999-1-2	Hliníkové konstr. – Požár	ČVUT – prof. Wald				
EN 1999-1-3	Hliníkové konstr. – Únava	ČVUT – prof. Wald				
EN 1999-1-4	Hliníkové konstr. – Tenkostěnné	ČVUT – prof. Wald				
EN 1999-1-5	Hliníkové konstr. – Skořepiny	ČVUT – Prof. Wald				
celkem		v přípravě	ve fázi FV a před vydáním	v překladu	přeložené (+národní příloha)	
58 Eurokódů		6	20	26	6	

Vyplývá z ní, že ve druhé polovině roku začnou vycházet v českém jazyce evropské normy pro navrhování, zatímco většina norem pro zatížení již je v prodeji. Normy pro navrhování obsahují vesměs klauzuli, že konfliktní (národní) normy musejí být zrušeny během roku 2010. Po této lhůtě by tedy ČSN EN měly být jedinými normami pro navrhování stavebních konstrukcí u nás.

Závěr

Zdá se, že se blížíme k úspěšnému dokončení projektu jednotných evropských norem pro navrhování stavebních konstrukcí. Co se před dvaceti lety zdálo být na dosah ruky se nyní realizuje a snad to bude stát za obrovské vynaložené úsilí.

Financování překladů evropských norem na sebe vzal Český normalizační institut, podpořený mimořádnými dotacemi Ministerstva průmyslu a obchodu. Práce spojené s kalibrací norem apod. jsou podpořeny i z jiných zdrojů. V oboru ocelových a ocelobetonových konstrukcí to je zejména výzkumný záměr MSM 6840770001.

Studnička, J.: European Standards for the Design of Building Structures

European standards for the design of civil engineering and building structures, to the public known as Eurocodes, will harmonize designing of structures from all materials across the whole Europe. It is within the power of individual countries to set the safety level of the design, the design method, though, is common. Thus, the twenty-year or so process of standard unification in this area of civil engineering will be completed in the near future.

Studnička, J.: Europäische Normen für die Planung von Baukonstruktionen

Die europäischen Normen für die Planung von Baukonstruktionen, in der Öffentlichkeit bekannt als Eurocodes, vereinheitlichen die Planung von Konstruktionen aus allen Materialien in ganz Europa. In der Kompetenz der Staaten ist die Einstellung des Sicherheitsniveaus der Planung, das Entwurfsverfahren ist jedoch gemeinsam. In naher Zukunft wird dann der zwanzigjährige Prozess der Vereinheitlichung der Normen auf diesem Gebiet des Bauwesens seinen Höhepunkt erreichen.

• zprávy

Nosníky pro Nové ústředí ČSOB Group

Přímo nad tubusem metra trasy B v pražských Radlicích bylo během výstavby objektu Nového ústředí ČSOB, který zde do listopadu 2006 postaví společnost Skanska, uloženo 36 unikátních železobetonových předpjatých nosníků, z nichž každý má hmotnost více než 60 t. Celá akce proběhla po velmi pečlivě několikaměsíční přípravě a za zvláště přísných bezpečnostních opatření.

Pozemek, na němž nová stavba vyrůstá, prochází nad tubusem trasy B pražského metra a v hloubce pouhých několika metrů pod ním se nachází i stanice Radlická a její technické zázemí. Součástí souhlasu k výstavbě byl požadavek Dopravního podniku, aby stavba nijak nezasáhla do konstrukce metra. V okolí tubusu metra byly proto vybudovány nové betonové stěny tloušťky 0,60 m, na něž byly nosníky instalovány. Unikátní konstrukce tak zcela potlačuje negativní vlivy provozu metra a vytvoří podporu pro část železobetonového skeletu objektu.



Nosníky o rozměrech přibližně 2 x 1 x 25 m vyrábí Skanska ve svém přidruženém závodě v pražských Řeporyjích a na stavbu je jeden po druhém dopravila speciálními tahači. Vzhledem k jejich obrovské hmotnosti byl při usazování použit největší kolový jeřáb v Česku Liebherr LMT 1800 o nosnosti 800 t, který musel být do stavební jámy sesazen dvěma mobilními jeřáby Liebherr 1300.

Náročný technologický postup montáže je dán i tím, že základy nové stavby musejí odolávat nejen vlivům nedalekého metra, ale vzhledem k pozdější nepřístupnosti konstrukce doživotně zajistit statiku objektu bez údržby, resp. s minimálními náklady na údržbu. Na instalaci se podílel speciálně vycvičený tým pracovníků společnosti Skanska za neustálého přísného dohledu bezpečnostních techniků a statických. Manuál popisující postup každého okamžiku ukládání nosníků se během příprav rozrostl na několik desítek stran textu a nákresů.

Tisková informace



mezinárodní veletrh stavebních strojů, strojů na výrobu stavební hmoty, stavebních vozidel, stavebního nářadí a těžebního průmyslu

23. – 29. dubna 2007

Nové výstaviště Mnichov

Pravděpodobnostní ověřování a optimalizace trvanlivosti

prof. Ing. Milan HOLICKÝ, DrSc.
 ČVUT – Kloknerův ústav
 Praha

Obecné zásady pravděpodobnostních postupů ověřování trvanlivosti stavebních materiálů a konstrukcí jsou předmětem nově připravovaného mezinárodního dokumentu ISO, na jehož tvorbě se podílejí také odborníci z České republiky. Přestože se mezinárodní dohoda o metodických postupech střetává s mnohými nesnázemi, je připravovaný dokument již v pokročilém stadiu zpracování. Očekává se, že v příštích letech bude zaveden také v České republice. Operativní uplatnění nových postupů v praxi však bude vyžadovat další výzkum zaměřený na pravděpodobnostní kritéria trvanlivosti, výstižné fyzikální modely degradace materiálů a věrohodné teoretické modely základních veličin. Ukazuje se, že metody pravděpodobnostní optimalizace mohou usnadnit stanovení vhodných kritérií trvanlivosti.

Úvod

V rámci činnosti technické komise TC 98 mezinárodní organizace pro standardizaci ISO se již několik let připravuje nový dokument o zásadách navrhování konstrukcí na trvanlivost [1] s pracovním názvem „General Principles on the Design of Structures for Durability“ (Obecné zásady navrhování konstrukcí na trvanlivost). Tvorba tohoto dokumentu vychází ze základních požadavků zakotvených v nedávných mezinárodních předpisech ISO [2], [3] i CEN [4]. Čerpá se však i z dokumentů mezinárodních organizací CEB [5], RILEM [6], [7] a celé řady odborných studií [8], [9], [10], [11], [12]. Další odkazy na materiály ISO/IEC a na odborné studie uvádí připravovaný dokument [1].

Odborníci, kteří se aktivně podílejí na tvorbě dokumentu [1] (přímo či korespondenčně), pocházejí z řady zemí včetně České republiky. Mezinárodní jednání o metodických postupech i použité terminologii se proto střetávají s mnoha nesnázemi. Přesto je připravovaný dokument již v pokročilém stadiu zpracování a očekává se, že bude v roce 2006 až 2007 předán jako návrh technické komise TC98 (Committee Draft CD) sekretariátu ISO. Po jeho schválení a vydání bude nový dokument ISO patrně zaveden do soustavy českých norem. Předmětem tohoto příspěvku je proto charakteristika dokumentu [1] a upozornění na některé nesnáze spojené s jeho využitím.

Obsah dokumentu

Poslední návrh dokumentu [1] má 10 kapitol (označených čísly 1 až 10) a 6 příloh (označených písmeny A až F):

1. Rozsah (Scope)
2. Použití (Application)
3. Normativní odkazy (Normative References)
4. Termíny a definice (Terms and Definitions)

5. Značky (Symbols)
6. Koncepce užitečných vlastností pro trvanlivost (Performance Concepts for Durability)
7. Požadavky na trvanlivost (Durability Requirements)
8. Návrhová životnost konstrukce a jejích částí (Design Service Life of the Structure and its Components)
9. Odhad životnosti (Predicted Service Life)
10. Strategie navrhování na trvanlivost (Strategies for Durability Design)
 - A. Příklady použití metody mezních stavů (Examples of the Applications of the Limit States Method)
 - B. Příklady vnějších vlivů a chemických látek (Examples of Environmental Actions and Agents)
 - C. Příklady mechanismu působení vlivů (Examples of Transfer Mechanismus)
 - D. Vnější vlivy na konstrukční materiály a jejich omezení (Environmental Actions for Structural Materials and their Control)
 - E. Postupy zajištění trvanlivosti (Procedures for Assuring Durability)
 - F. Reference (References)

Celý dokument [1] má 35 stran a zahrnuje řadu praktických ustanovení. Následující oddíly se však věnují především klíčovému kapitolám 6 a 7 a příloze A.

Koncepce mezních stavů

Kapitola 6 v dokumentu [1] s názvem „Koncepce užitečných vlastností pro trvanlivost“ (Performance Concepts for Durability) popisuje obecné zásady metody mezních stavů, které se uplatňují při ověřování trvanlivosti. Klíčové body procesu působení vnějších vlivů a uplatnění metody mezních stavů zachycuje obr. 1. Je výsledkem četných diskuzí a mnohých úprav během tvorby dokumentu [1] a možná dozná ještě změny. Jde však o velmi obecné schéma, které se může v konkrétních případech ověřování trvanlivosti modifikovat v závislosti na skutečných podmínkách. Vlevo je vyznačena časová osa, rozdělená na dvě části bodem DLS (Durability Limit State – mezní stav použitelnosti). Termín „mezní stav použitelnosti“ je převzat z dokumentu [3]. Odpovídá okamžiku, ve kterém může nastat zlom v rozvoji nepříznivých účinků prostředí (počátek koroze výztuže nebo rozkladu materiálu). V případě karbonatace jde o okamžik, kdy neutralizovaná vrstva betonu dosáhne povrchu výztuže a může začít její koroze (příklad je uveden v oddílu 5). Nejde tedy ještě o mezní stav odolnosti ani použitelnosti.

Ve střední části obr. 1 se rozlišuje „prostředí konstrukce“ s okolními vlivy (déšť, soli a další chemické látky) a „mechanismus přenosu“ vlivů prostředí na „účinky prostředí“ (koroze výztuže rozklad materiálu). Pravá část obrázku upozorňuje na to, že mechanismus tohoto přenosu se stanoví na základě modelů nebo zkoušek. Modely mohou být jak koncepční (heuristické), stanovené na základě úvah a předchozí zkušenosti, nebo matematické (analytické), stanovené na základě teoretických předpokladů, např. pro difúzní jevy.

Účinky prostředí se obecně mohou kombinovat s účinky zatížení (střední část obrázku). Výsledné účinky pak mohou vést ke ztrátě odolnosti (únosnosti) konstrukcí nebo ke ztrátě použitelnosti (nadměrnému rozevření trhlin nebo nepříjatelnému přetvoření). Tyto mezní stavy jsou schematicky vyznačeny v dolní části obrázku. Důležitou otázkou kombinace různých proměnných zatížení však dokument [1] neřeší.

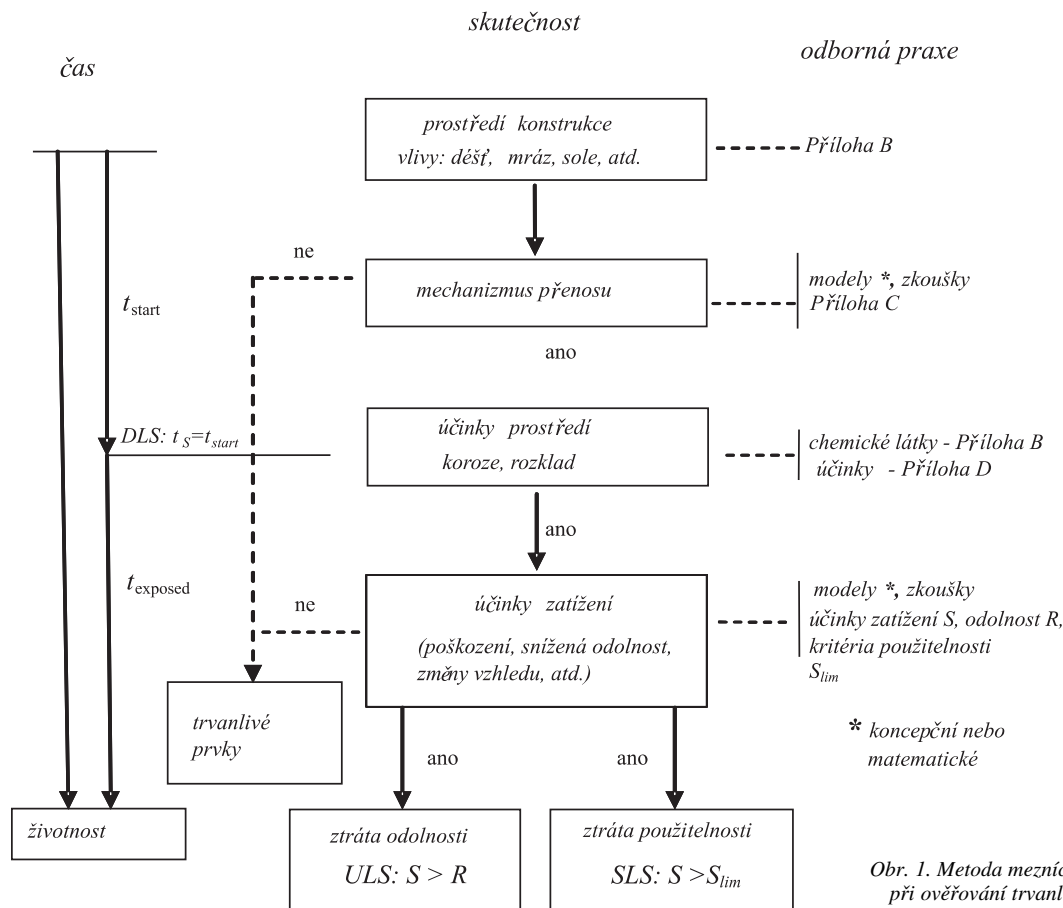
volný okamžik $t \leq t_D$ má platit vztah

$$P_f(t) = P\{R(t) - S(t) < 0\} < P_{target} \quad (2)$$

ve kterém $R(t)$ značí odolnost a $S(t)$ účinek zatížení.

Analogicky lze základní podmínku pro mezní stavy použitelnosti zapsat ve tvaru

$$P_f(t) = P\{S_{lim} - S(t) < 0\} < P_{target} \quad (3)$$



Obr. 1. Metoda mezních stavů při ověřování trvanlivosti

Ověřování životnosti

Základním kritériem trvanlivosti konstrukcí je jednoduchý požadavek, aby odhadnutá životnost (predicted service life) t_{sp} byla s dostatečnou spolehlivostí větší než návrhová (požadovaná) životnost (design service life) t_D . Nesnáze vznikají s termínem dostatečná spolehlivost. Je dobře známo, že životnost (service life) konstrukce t_S je závislá na řadě náhodných veličin, a je tedy sama náhodnou veličinou se značnou variabilitou. Proto dokument [1] uvádí pravděpodobnostní formulaci základního kritéria ve tvaru

$$P\{t_S < t_D\} < P_{target} \quad (1)$$

V rovnici (1) P_{target} označuje směrnou (target) pravděpodobnost, že životnost t_S bude menší než návrhová životnost t_D . Poznamenáme, že návrhová životnost t_D je zpravidla předem stanovená a považuje se za nenáhodnou (deterministickou) veličinu.

Ověřování mezních stavů

Pravděpodobnostní formulace základní podmínky mezních stavů odolnosti je obdobná jako u životnosti. Pro libo-

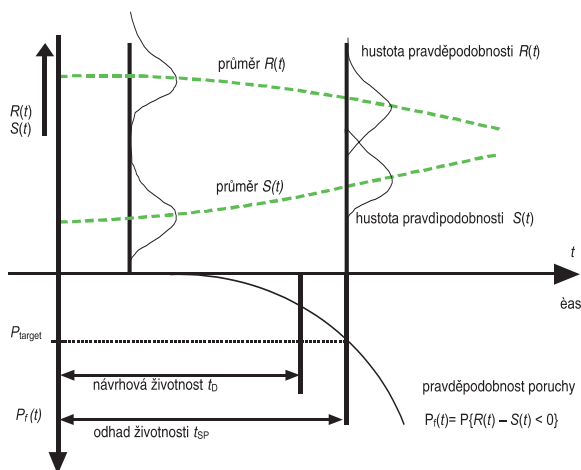
V rovnici (3) S_{lim} označuje limitní hodnotu sledovaného ukazatele použitelnosti (např. šířky trhlin nebo průhybu). Mezní stavy trvanlivosti se ověřují podle rovnice (2) nebo (3) v závislosti na charakteru mezního stavu a konkrétních podmínkách.

Pravděpodobnostní odhad životnosti t_{sp} je schematicky zachycen na obr. 2, který byl stejně jako obr. 1 předmětem četných diskuzí a úprav. Je třeba zdůraznit, že obr. 2 popisuje pouze případ monotónně vzrůstajícího účinku zatížení $S(t)$ a monotónně klesající odolnosti $R(t)$. Na vodorovné ose je vyznačen čas, na svislé ose jsou v horní části grafu vyznačeny náhodné veličiny $R(t)$ a $S(t)$. Pravděpodobnostní modely obou veličin zachycují na obr. 2 křivky hustot pravděpodobností.

Je zřejmé, že pravděpodobnost poruchy $P_f(t) = P\{R(t) - S(t) < 0\}$ je rostoucí funkcí času t . Odhad životnosti t_{sp} plyne ze vztahu

$$P_f(t_{sp}) = P\{R(t_{sp}) - S(t_{sp}) < 0\} = P_{target} \quad (4)$$

Klíčovou otázkou však zůstává hodnota směrné pravděpodobnosti P_{target} , která se však v dokumentu [1] neuvádí.



Obr. 2. Pravděpodobnostní odhad životnosti

Směrná úroveň spolehlivosti

Směrná úroveň spolehlivosti, jejímž ukazatelem je pravděpodobnost poruchy P_{target} nebo index spolehlivosti β_{target} , závisí obecně na definici životnosti, tj. zda rozhoduje mezní stav odolnosti, mezní stav použitelnosti či mezní stav trvanlivosti a jaké jsou následky jejich překročení. V závislosti na konkrétních podmínkách konstrukce dojde nepochybně při ověřování trvanlivosti k výrazné diferenciaci, jak naznačuje tab. 1. Směrné pravděpodobnosti P_{target} a indexy spolehlivosti β_{target} zde uvedené představují pouze orientační hodnoty, které jsou odvozeny z obecných údajů v mezinárodních dokumentech [2] a [4]. Poznamenejme, že dokument [4] navíc uvádí závislosti směrných hodnot na nákladech potřebných ke zvýšení spolehlivosti. K této závislosti bude vhodné při specifikaci směrné úrovně spolehlivosti při ověřování trvanlivosti také přihlídnout. Stanovení vhodné úrovně spolehlivosti proto zůstává klíčovým problémem uplatnění obecných zásad [1].

Tab. 1. Informativní hodnoty směrné pravděpodobnosti P_{target} a indexu spolehlivosti β_{target}

Mezní stav	P_{target}	β_{target}
odolnosti	$\sim 10^{-4}$	$\sim 3,7$
použitelnosti	0,01 až 0,10	1,3 až 2,3
trvanlivosti	0,05 až 0,20	0,8 až 1,6

Příklad mezního stavu trvanlivosti

Mezní stav trvanlivosti výstižně ilustruje příklad karbonatce betonu. Je definován jednoduchou podmínkou, že hloubka neutralizované vrstvy $S(t)$ (účinek zatížení) je menší než tloušťka krycí vrstvy R (odolnost). Pravděpodobnost poruchy lze pak v souladu s rovnicí (2) stanovit ze vztahu

$$P_f(t) = P\{S(t) > R\} = \int_{-\infty}^{\infty} \varphi_S(x, t) \Phi_R(x) dx, \quad (5)$$

kde $\varphi_S(x, t)$ označuje hustotu pravděpodobnosti účinku zatížení $S(t)$ a $\Phi_R(x)$ distribuční funkci odolnosti R [13].

Rozsáhlé soubory měření hloubky karbonatce $S(t)$ chladicích věží [11], [12], [13] (nechráněný vnější beton) poskyt-

ly následující vztahy pro průměr $\mu_S(t)$, variační koeficient $w_S(t)$ a šikmost $\alpha_S(t)$ hloubky $S(t)$

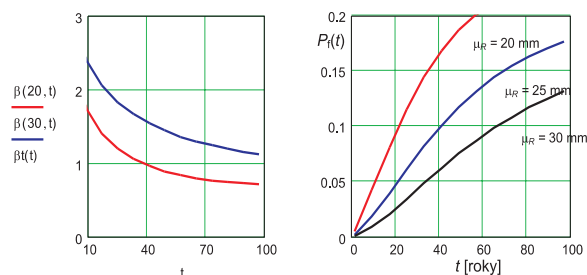
$$\mu_S(t) = 5 t^{0,2} \text{ mm}, \quad w_S(t) = 0,1 t^{0,2}, \quad \alpha_S(t) = 0,2 t^{0,2}, \quad (6)$$

kde t je čas udaný v letech. Nejvhodnějším teoretickým modelem se zdá rozdělení gamma.

Pro časově nezávislou tloušťku krycí vrstvy R se stanovily tyto parametry

$$\mu_R = 20, 25 \text{ a } 30 \text{ mm}, \quad w_R = 0,35 \text{ mm}, \quad \alpha_R = 0,35. \quad (7)$$

Nejvhodnějším teoretickým modelem se zdá rozdělení beta s počátkem v nule. Pro uvedené teoretické modely a jejich parametry jsou pravděpodobnosti $P_f(t)$ stanovené ze vztahu (5) zachyceny na obr. 3. Poznamenejme, že v příloze A dokumentu [1] se pro obě veličiny $S(t)$ a R předpokládá normální rozdělení, které však poskytuje pouze první aproximaci.

Obr. 3. Pravděpodobnost $P_f(t) = P\{S(t) > R\}$ pro parametry uvedené v rovnicích (6) a (7)

Obrázek 3 umožňuje odhadnout životnost konstrukce t_{SP} definovanou rovnicí (4) pro požadovanou (směrnou) pravděpodobnost P_{target} a průměr krycí vrstvy μ_R . Jestliže se například uvažuje pravděpodobnost $P_{target} = 0,10$, pak krycí vrstva R s průměrem $\mu_R = 20$ mm odpovídá odhadu $t_{SP} \sim 23$ let, průměru $\mu_R = 30$ mm odpovídá odhadu $t_{SP} \sim 65$ let. Potvrzuje tak výsledky předchozích studií [11], [12], které ukazují, že odhad životnosti je významně závislý na modelech veličin $R(t)$ a $S(t)$ a na stanovené směrné hodnotě P_{target} . Klíčová otázka specifikace směrné úrovně spolehlivosti zůstává sice otevřená, ukazuje se však, že její řešení mohou v konkrétních případech usnadnit metody pravděpodobnostní optimalizace [11], [12], [13].

Pravděpodobnostní optimalizace

Celkové náklady na výstavbu a opravu konstrukce při vzniku poruchy (překročení mezního stavu) lze vyjádřit v závislosti na optimalizovaném průměru μ_R vztahem

$$C_{tot}(\mu_R, t, p) = C_0 + C_1 \mu_R + P_f(\mu_R, t) C_f / (1 + p), \quad (8)$$

kde C_0 označuje počáteční náklady nezávislé na μ_R , C_1 náklady na jednotku průměru μ_R , C_f náklady vyvolané poruchou trvanlivosti a p diskontní sazbu. Normalizované celkové náklady se uvažují podle vztahu

$$\begin{aligned} \kappa_{tot}(\mu_R, t, p) &= [C_{tot}(\mu_R, t, p) - C_0] / C_1 = \\ &= \mu_R + P_f(\mu_R, t, p) C_f / [(1 + p) C_1]. \end{aligned} \quad (9)$$

Optimální hodnotu průměru lze stanovit ze vztahu

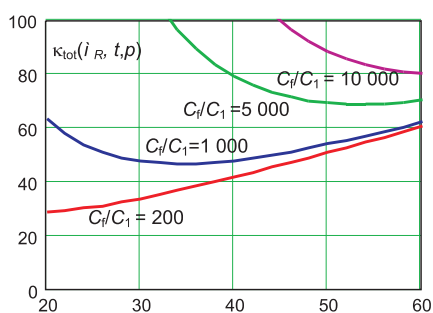
$$\frac{\partial \kappa_{\text{tot}}(\mu_R, t, p)}{\partial \mu_R} = 0, \quad (10)$$

který vzhledem k rovnici (9) vede ke vztahu

$$\frac{\partial P_f(\mu_R, t)}{\partial \mu_R} = - \frac{(1 + p') C_1}{C_f}. \quad (11)$$

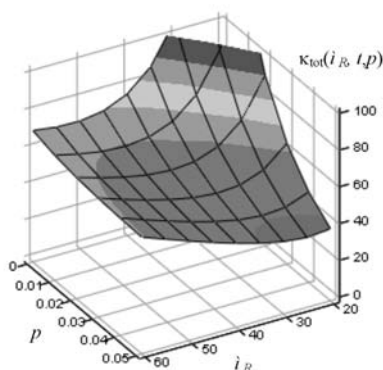
V praktickém oboru průměru μ_R od 20 do 60 mm nemusí však mít rovnice (11) řešení a minimum celkových nákladů nemusí vůbec nastat.

V případě mezního stavu trvanlivosti, který je popsán v předchozím oddílu, jsou normalizované celkové náklady dané rovnicí (9) zachyceny na obr. 4 pro návrhovou životnost $t = 50$ let a diskontní sazbu $p = 0,03$.



Obr. 4. Celkové normalizované náklady $\kappa_{\text{tot}}(\mu_R, t, p)$ pro $t = 50$ let a $p = 0,03$

Je zřejmé, že se vzrůstajícím poměrem nákladů C_f/C_1 optimální hodnota průměru μ_R vzrůstá. Pro $C_f/C_1 = 200$ je optimum μ_R asi 18 mm (teoretické minimum je tedy menší než 20 mm), pro $C_f/C_1 = 1 000$ platí pro optimální hodnotu $\mu_R \sim 34$ mm.



Obr. 5. Celkové normalizované náklady $\kappa_{\text{tot}}(\mu_R, t, p)$ pro cenový poměr $C_f/C_1 = 1 000$, $t = 50$ let a $p = 0,03$

Interaktivní závislost celkových nákladů na μ_R a p je zachycena na obr. 5 pro cenový poměr $C_f/C_1 = 1 000$, $t = 50$ let a $p = 0,03$. Ukazuje, že diskontní sazba p může výrazně ovlivnit celkové náklady i optimální hodnotu průměru μ_R . Obecně platí, že s rostoucí diskontní sazbou p celkové náklady a optimální průměr μ_R klesají.

Závěry

Obecné zásady pravděpodobnostního ověřování trvanlivosti konstrukcí budou zanedlouho zakotveny v mezinárodním dokumentu ISO, který se zavede do soustavy českých norem. Ukazuje se však, že odhad životnosti konstrukce je významně závislý na modelu základních veličin a na zvolené úrovni spolehlivosti. Operativní uplatnění nových postupů v praxi je proto podmíněno dalším výzkumem, který je třeba zaměřit zejména:

- na výstižné fyzikální modely chování materiálů,
- na věrohodné teoretické modely základních veličin,
- na diferencovaná pravděpodobnostní kritéria.

Je zřejmé, že směrné hodnoty pravděpodobnosti poruchy trvanlivosti je třeba diferencovat podle druhu mezního stavu, následků poruchy a nákladů potřebných ke zvýšení spolehlivosti.

Metody pravděpodobnostní optimalizace mohou poskytnout racionální podklady pro stanovení směrné úrovně spolehlivosti. Celkové náklady obecně závisejí na průměru krycí vrstvy, návrhové životnosti a diskontní sazbě. Obecně platí, že s rostoucím poměrem nákladů C_f/C_1 optimální hodnota průměru μ_R vzrůstá, s rostoucí hodnotou diskontní sazby p optimální hodnota průměru μ_R klesá.

Tato studie je součástí řešení projektu GA ČR 103/06/1562 „Tvorba zásad pro ověřování trvanlivosti konstrukcí a materiálů“.

Literatura

- [1] ISO 13823 General Principles on the Design of Structures for Durability. ISO TC98/SC2, Draft 10. 2006.
- [2] ISO 2394 General Principles on Reliability for Structures. ISO 1998.
- [3] ISO 19338 Performance and Assessment Requirements for Design on Structural Concrete. 2003.
- [4] EN 1990 Eurocode – Basis of Structural Design. CEN 2002.
- [5] CEB Bulletin d' Information No. 238 New Approach to Durability Design. An Example for Carbonation Induced Corrosion. 1997.
- [6] RILEM REPORT 14 Durability Design of Concrete Structures (edited by Sarja A. and Vesikari E.). London, E & FN SPON 1997.
- [7] Fib TG 5.6: Model Code for Service Life Design (SLD) – Working Materials. 2004.
- [8] Sarja, A. – Vesikari, E. (eds.): Durability Design of Concrete Structures. RILEM Report Series 14, Vol. VI, E&FN Spon, 1997, pp. 165.
- [9] Norami, T.: Service Life Design. Construction and Building Materials, Vol. 10, No. 5, 1996, pp. 403–406.
- [10] Teplý, B.: Mezní stavy včera, dnes a zítra. Stavební obzor, 14, 2005, č. 7, s. 193 – 196.
- [11] Holický, M. – Mihashi, H.: Stochastic Optimisation of Concrete Cover Exposed to Carbonation. In: R. E. Melchers & Mark G. Steward (ed.), Application of Statistics and Probability. Rotterdam, A. A. Balkema 2000, pp. 279–284.
- [12] Holický, M. – Holická, N.: Probabilistic Optimisation of Concrete Cover Exposed to Carbonation. Proc. of the International RILEM-JCI Seminar, 2006, pp. 384–393.
- [13] Holický, M. – Marková, J.: Základy teorie spolehlivosti a hodnocení rizik. [Učební texty], Praha, Vydavatelství ČVUT 2005.

Holický, M.: Probability Verification and Optimization of Durability

General principles of probabilistic approach to verification of structural durability are provided in a newly developing international standard ISO "General Principles on the Design of Structures for Durability". It is expected that the document will be soon completed and then implemented into the system of Czech standards. It appears, however, that the operational use of the new procedures in practice would require additional studies focussed on durability criteria, physical models of material deterioration, and theoretical models of basic variables. Probabilistic methods of optimization may provide valuable background information facilitating specification of durability criteria.

Holický, M.: Wahrscheinlichkeitsprüfung und Optimierung der Dauerhaftigkeit

Die allgemeinen Grundsätze der Wahrscheinlichkeitsverfahren der Prüfung der Dauerhaftigkeit von Baumaterialien und -konstruktionen sind Gegenstand eines in Vorbereitung befindlichen internationalen ISO-Dokuments, an dessen Schaffung sich auch Fachleute aus Tschechien beteiligen. Trotzdem das internationale Abkommen über die methodischen Vorgehensweisen auf Schwierigkeiten stößt, ist das in Vorbereitung befindliche Dokument bereits in einem fortgeschrittenen Stadium der Erarbeitung. Es wird erwartet, dass es in den kommenden Jahren auch bei uns eingeführt wird. Die operative Anwendung der neuen Verfahren in der Praxis wird jedoch eine weitere auf die Wahrscheinlichkeitskriterien der Dauerhaftigkeit, auf treffende physikalische Modelle des Materialzerfalls gerichtete Forschungstätigkeit und glaubwürdige Modelle der Grundgrößen erfordern. Es zeigt sich, dass die Methoden der Wahrscheinlichkeitsoptimierung die Festlegung geeigneter Kriterien der Dauerhaftigkeit vereinfachen können.

• zprávy

V Dejvicích vznikne nový administrativní objekt

Architektonicky zajímavý administrativní objekt postaví společnost SKANSKA CZ do května roku 2007. Investorem projektu, jenž navazuje na původní myšlenku architektů a urbanistů vytvořit pomyslnou bránu tvořenou rivalitami dvou proti sobě stojících budov, je společnost E-GATE. Partnery projektu jsou developerská společnost AGANA a energetická skupina CZECH COAL, obchodník s energetickými komoditami.



Budova prvotřídní kvality v těsné blízkosti hotelu Diplomat se bude nacházet deset minut od mezinárodního letiště Ruzyně s přímým napojením na městský dopravní systém, nedaleko stanice metra trasy A Dejvická. Nabídne sedm nadzemních a tři podzemní podlaží. V suterénních prostorech budou parkovací místa pro 217 automobilů a skladové prostory. Nadzemní podlaží pak nabídnou flexibilní kancelářské prostory o celkové pronajimatelné ploše více než 20 000 m². Financování projektu je zajištěno kombinací vlastních zdrojů investora a syndikovaným úvěrem od ČSOB a ČS.

Tisková informace

Od běžného skla až po fasádu high-tech

glasstec

Význam solární energie jako důležitého energetického zdroje roste se stejnou vytrvalostí jako potenciál skla v oblasti solárních stavebních prvků. Důsledná podpora v Německu i v ostatních zemích zajišťuje pro nový průmyslový obor růst, o jakém se ani nezdálo. Existuje reálný výhled, že solární moduly si najdou místo i jako aktivní stavební materiál pro venkovní stěny budov. Přitom je „proud z fasády“ velmi vítán, zákon o obnovitelných energiích (EEG – Erneuerbare-Energien-Gesetz) odměňuje fotovoltaiku integrovanou do fasády zvýhodněnou kalkulací.

Uplatnění standardních modulů v takzvané studené fasádě lze řešit bez komplikací. Jsou ovšem i jiné možnosti – v celoskleněných fasádách nabízejí fotovoltaické moduly ochranu proti slunečním paprskům, a současně vyrábějí proud.

Rozšířená rozmanitost výrobků co do rozměrů, formátu, barev, transparentnosti a průchodnosti umožňují individualizovaná řešení. Velkoformátové moduly sklo/sklo s vysoce efektivními krystalickými solárními články už pře-

sáhly rozměrový práh 10 m². Výhledově se očekává pro tento typ modulu na německém trhu první všeobecné povolení stavebního dozoru. Použití ve formě jednoduchého skla v oblasti pohledů pak už nebude stát nic v cestě. Pro obzvlášť náročná řešení fasád nabízejí krystalické i amorfní technologie také částečně transparentní provedení.

Nové solární články umožňují přesunout veškeré kontaktní prvky na zadní stěnu. Přinášejí nové výnosy a obzvlášť homogenní vzhledové aspekty. V laboratoři se již vyvíjejí přespršití generace článků, např. solární článek s barvicí látkou. Tento typ se obejde bez nákladné křemíkové technologie.

Na nejvýznamnějším mezinárodním veletrhu skla a sklářských strojů **glasstec 2006**, který bude probíhat na výstavišti v Düsseldorfu ve dnech **24. až 28. října**, se představí téma „Fotovoltaika integrovaná do fasád“ jak na specializované přehlídce, tak na doprovodném odborném sympoziu.

Tisková informace

Odhad časově závislé spolehlivosti a intenzity poruch zemního svahu

doc. Ing. Michal ŠEJNOHA, Ph. D.
Ing. Marie KALOUSKOVÁ, CSc.
prof. Ing. Jiří ŠEJNOHA, DrSc.
ČVUT – Fakulta stavební
Praha

Článek se zabývá časově závislou spolehlivostí zemních svahů s ohledem na snižování stupně bezpečnosti vlivem rostoucí hladiny podzemní vody. Je navržen způsob stochastického modelování materiálových charakteristik zeminy. Pro odhad intenzity poruch je odvozen jednoduchý vzorec, který využívá experimentálně zjištěného poklesu stupně bezpečnosti svahu v určitých časových intervalech. Algoritmus je ilustrován příkladem sypané zemní hráze.

Úvod

V praxi se často setkáváme s problémem změny podmínek ovlivňujících stabilitu svahu v závislosti na čase. Typickým příkladem je sypaná zemní hráz, v níž se postupně mění hladina podzemní vody během napouštění nádrže nebo v důsledku povodní. Podobný případ nastává ve výsypkách v období vydatných srážek, během nichž se mění pórový tlak v zemině, což může vést až k sesuvu svahu. Predikce pravděpodobnosti vzniku takových poruch má proto mimořádný praktický význam.

K hodnocení stability zemních svahů se používají dva základní přístupy, deterministické řešení využívající koncepcí stupně bezpečnosti FS (rov. (1)) a stochastické řešení založené na určení pravděpodobnosti poruchy. Stupeň bezpečnosti se definuje vztahem

$$FS = \frac{R(\bar{c}, \bar{\varphi})}{E(\bar{\gamma})}, \quad (1)$$

kde R je odpor zemního tělesa podél určité smykové plochy,

- E – účinek zatížení daného vlastní tíhou,
- c – soudržnost,
- φ – úhel vnitřního tření,
- γ – objemová tíha

(pruhy jsou označeny kritické hodnoty).

Podle přístupu, který se opírá o vyjádření mezního stavu, porucha nastane, jestliže podmínka kritického stavu je splněna podél celé kluzné plochy. Kritická smyková síla je obvykle vázána na Mohrovo – Coulombovu podmínku porušení

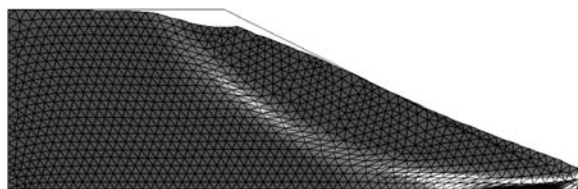
$$|\tau| = \sigma_n \tan \bar{\varphi} + \bar{c}. \quad (2)$$

Vztah mezi kritickými hodnotami parametrů \bar{c} , $\bar{\varphi}$ a okamžitými hodnotami parametrů zeminy c , φ je vyjádřen pro-

střednictvím stupně bezpečnosti FS [1]:

$$\bar{c} = \frac{c}{FS}, \quad \tan(\bar{\varphi}) = \frac{\tan(\varphi)}{FS}. \quad (3)$$

Při řešení problému metodou konečných prvků (MKP) se využívá techniky redukce smykové pevnosti. Stupeň bezpečnosti FS se definuje jako faktor, kterým je třeba redukovat původní parametry c , φ tak, aby bylo dosaženo mezního stavu. Hlavní předností MKP proti koncepci mezního stavu je skutečnost, že není třeba zavádět jakékoli předpoklady o umístění a tvaru kluzné plochy, ta se během výpočtu ukáže jako zóna lokalizované plastické deformace (obr. 1) [2], [3].



Obr. 1. Kluzná plocha jako zóna lokalizované plastické deformace

Pravděpodobnostní analýza zemních svahů

Ve většině geotechnických problémů mají vstupní data více či méně náhodný charakter a jako vhodný nástroj řešení se nabízí pravděpodobnostní analýza. Na rozdíl od deterministického přístupu, který hodnotí stabilitu svahu jedinou veličinou – stupněm bezpečnosti FS , pravděpodobnostní řešení je založeno na odhadu pravděpodobnosti poruchy definované jako

$$p_f = P\left\{FS = \frac{R(c, \varphi)}{E(\gamma)} \leq \bar{FS}\right\}, \quad (4)$$

kde $\bar{FS} \geq 1$ je předepsaná hodnota stupně bezpečnosti.

Hlavní předností rov. (4) je skutečnost, že náhodné materiálové parametry se zadávají prostřednictvím funkcí hustot pravděpodobnosti, resp. náhodnými výběry ze zvolených rozdílů. Tyto soubory náhodných parametrů se pak použijí jako vstupy pro některý simulační proces (např. metoda Monte Carlo, metoda LHS), jehož výsledkem je soubor hodnot stupně bezpečnosti. Při dostatečném počtu simulací v závislosti na zvolené metodě lze nalézt k výstupnímu souboru dat přílehlavou funkci hustoty pravděpodobnosti stupně bezpečnosti $p_\xi(FS)$ a její integrací určit pravděpodobnost poruchy podle vztahu

$$p_f = \int_{-\infty}^{\bar{FS}} p_\xi(FS) dFS. \quad (5)$$

Při řešení stability konkrétního svahu narážíme na problém nedostatku informací o statistických parametrech ma-

teriálových charakteristik zeminy. Komplexní soubory dat z měření in situ jsou pořizovány jen výjimečně, a tak nejčastějším podkladem pro spolehlivostní výpočet jsou intervaly omezené dolním a horním kvantilem $\alpha/2 \cdot 100\%$ a nejčastější hodnotou neboli modem. Kvantil $\alpha/2 \cdot 100\%$ znamená, že $\alpha/2 \cdot 100\%$ hodnot veličiny ξ bude menších (větších) než dolní (horní) mez intervalu, jinými slovy $\alpha \cdot 100\%$ hodnot ξ leží vně zadaného intervalu.

Pokud se modus nachází v těsné blízkosti středu zmíněného intervalu, pak rozložení náhodné veličiny ξ lze dostatečně výstižně modelovat normálním rozdělením se střední hodnotou rovnou zadanému modu

$$\text{mean}(\xi) = \text{modus}(\xi) \quad (6)$$

a směrodatnou odchylkou

$$\text{std}(\xi) = \frac{Q_2 - Q_1}{2u}, \quad (7)$$

$$\text{kde } u = \Phi^{-1}(1 - \alpha/2) \quad (8)$$

Φ – distribuční funkce standardního normálního rozdělení,

Q_1 – dolní kvantil,

Q_2 – horní kvantil.

Jestliže modus leží blíže k dolnímu kvantilu Q_1 , je vhodným modelem pro rozložení náhodné veličiny lognormální rozdělení omezené dolní mezí x_0 (rozdělení s kladnou šikmostí) s hustotou p_{ξ}^{LN} . Parametry μ , σ , x_0 lognormálního rozdělení (μ , σ nemají význam střední hodnoty a směrodatné odchylky) se určí ze vztahů [4]

$$\text{modus}(\xi) = x_0 + \exp(\mu - \sigma^2), \quad (9)$$

$$Q_1 = x_0 + \exp(\mu - u \cdot \sigma), \quad (10)$$

$$Q_2 = x_0 + \exp(\mu + u \cdot \sigma), \quad (11)$$

z nichž po úpravě získáme nelineární rovnici pro neznámou hodnotu parametru σ ve tvaru

$$\frac{\exp(u \cdot \sigma) - \exp(-\sigma^2)}{\exp(u \cdot \sigma) - \exp(-u \cdot \sigma)} \cdot \frac{Q_2 - \text{modus}(\xi)}{Q_2 - Q_1} = 0. \quad (12)$$

Po vyřešení kořene σ z rov. (12) se ze vztahů (10), (11) určí zbývající parametry μ , x_0 jako

$$\mu = \ln\left(\frac{Q_2 - Q_1}{\exp(u \cdot \sigma) - \exp(-u \cdot \sigma)}\right), \quad (13)$$

$$x_0 = \text{modus}(\xi) - \exp(\mu - \sigma^2). \quad (14)$$

V praxi se však setkáváme i se soubory dat se zápornou šikmostí. V takových případech má veličina s modem blízkým hornímu kvantilu Q_2 přibližně lognormální rozdělení s horní mezí x_0 s funkcí hustoty $p_{\xi}^{-LN} = p_{\xi}^{LN}$. Vzorce (9) až (14) zůstanou v platnosti, pokud zaměníme dolní a horní kvantily a obrátíme jejich znaménka a také znaménko modu:

$$Q_1^{-LN} = -Q_2,$$

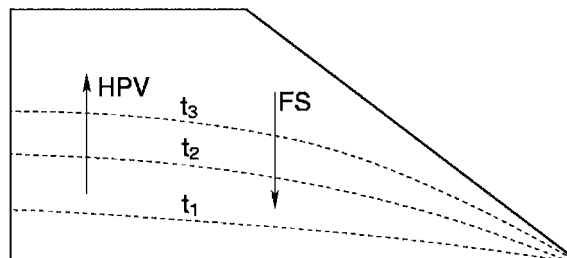
$$Q_2^{-LN} = -Q_1,$$

$$\text{modus}^{-LN}(\xi) = -\text{modus}(\xi)$$

(horní index $^{-LN}$ se vztahuje k rozdělení p_{ξ}^{-LN}). Simulovanému výběru z tohoto rozdělení je nutno též obrátit znaménka.

Odhad intenzity poruch

Vlivem kapilární vody a jejího degradačního účinku se s rostoucím časem stupeň bezpečnosti snižuje. Následující úvahy budou omezeny na specifický, nicméně dostatečně ilustrativní problém stability sypané zemní hráze při postupném napouštění vodní nádrže (obr. 2). Je třeba zdůraznit, že



Obr. 2. Zvyšování hladiny podzemní vody v sypané zemní hrázi

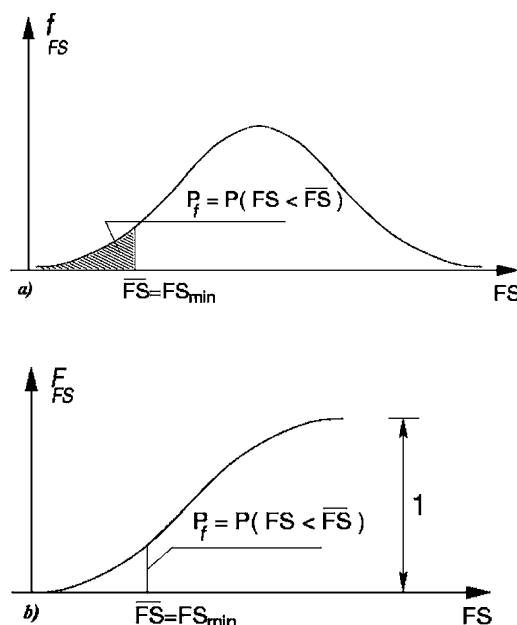
pro zjednodušení výpočtu byla zvolena homogenní zemní konstrukce bez typických charakteristik skutečného díla. Podmínka spolehlivosti má tvar

$$FS > \overline{FS} \geq 1, \quad (15)$$

kde FS je stupeň bezpečnosti a \overline{FS} předepsaná hodnota stupně bezpečnosti, kterou je třeba překročit. Pravděpodobnost selhání je (obr. 3)

$$p_f(t) = p(FS(t) \leq \overline{FS}) = F_{FS(t)}(\overline{FS}), \quad (16)$$

kde $F_{FS(t)}$ je distribuční funkce stupně bezpečnosti v čase t .



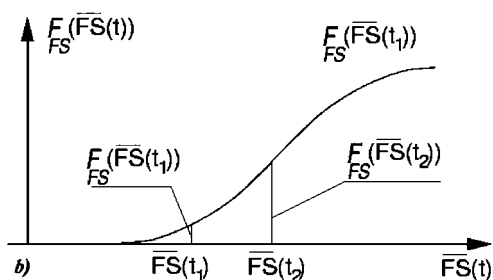
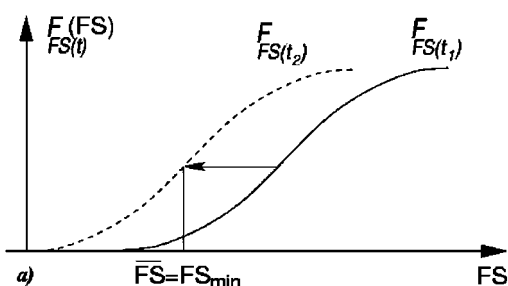
Obr. 3. Pravděpodobnost poruchy svahu
a – určená z funkce hustoty pravděpodobnosti FS ,
b – určená z distribuční funkce FS

Snižování stupně bezpečnosti v čase lze interpretovat jako posunutí distribuční funkce **vlevo** (obr. 4a). Pro $t_2 \geq t_1$ bude $F_{FS(t_2)}(\overline{FS}) \geq F_{FS(t_1)}(\overline{FS})$. Zanedbáme-li změnu tvaru distribuční funkce, dosáhneme téhož výsledku posunem mezní hodnoty \overline{FS} **vpravo** při zachování původní distribuční funkce $F_{FS} = F_{FS(0)}$ vyjádřené v čase $t = 0$ (obr. 4b). Tuto úvahu lze formálně vyjádřit zápisem

$$FS(t) = FS - g(t), \quad (17)$$

kde $FS = FS(0)$ je náhodná proměnná na čase nezávislá a $g(t) \geq 0$, pro $t \geq 0$, je nenáhodná funkce času vyjadřující pokles stupně bezpečnosti se zhoršujícími se geotechnickými podmínkami v čase. Posun mezní hodnoty stupně bezpečnosti vpravo vyjádříme vztahem

$$\overline{FS}(t) = \overline{FS} + g(t). \quad (18)$$



Obr. 4. Snížování stupně bezpečnosti v čase
a – posun distribuční funkce FS vlevo,
b – posun předepsané hodnoty \overline{FS} vpravo

Pro časově nezávislou proměnnou FS upravíme vztah (16) na tvar

$$p_f(t) = p(FS \leq \overline{FS} + g(t)) = F_{FS}(\overline{FS}(t)), \quad (19)$$

kde $F_{FS} = F_{FS(0)}$ je distribuční funkce stupně bezpečnosti v čase $t = 0$. Spolehlivost systému je tak určena výrazem

$$R(t) = 1 - p_f(t) = 1 - F_{FS}(\overline{FS}(t)). \quad (20)$$

Funkce spolehlivosti $R(t)$ umožňuje definovat *intenzitu poruch* $\lambda(t)$ [rok⁻¹] ([5], [6]) ze vztahu

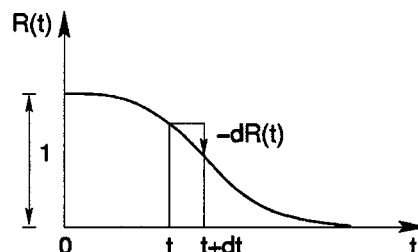
$$\lambda(t)dt = -\frac{dR(t)}{R(t)} = \frac{dF_{FS}(\overline{FS}(t))}{1 - F_{FS}(\overline{FS}(t))} = \frac{f_{FS}(\overline{FS}(t))}{1 - F_{FS}(\overline{FS}(t))} d\overline{FS}(t) dt, \quad (21)$$

kde $f_{FS} = F'_{FS}$ je hustota rozdělení pravděpodobnosti stupně bezpečnosti v čase $t = 0$.

Výrazem (21) je vyjádřena pravděpodobnost, že se systém poruší v časovém intervalu dt za podmínky, že v čase t pracoval spolehlivě (obr. 5). Integrací rov. (21) vyjde

$$\int_0^t \lambda(\tau) d\tau = -\ln \frac{1 - F_{FS}(\overline{FS}(t))}{1 - F_{FS}(\overline{FS}(0))} = -\ln \frac{R(t)}{R(0)} = -\ln R(t) = \Lambda(t), \quad (22)$$

kde $\Lambda(t)$ je *akumulovaná intenzita poruch*.



Obr. 5. Funkce spolehlivosti

Monitoring in situ umožňuje odhadnout pokles stupně bezpečnosti FS neboli posun skutečné distribuční funkce $F_{FS(t)}$ vlevo o ΔFS za dobu $\Delta t = t_2 - t_1$. Intenzitu poruch v čase t_1 je možné ze vztahu (21) odhadnout jako

$$\lambda(t_1) = \frac{f_{FS}(\overline{FS}(t_1))}{1 - F_{FS}(\overline{FS}(t_1))} \frac{\Delta \overline{FS}}{\Delta t}. \quad (23)$$

Výpočet lze postupně zpřesňovat a aktualizovat.

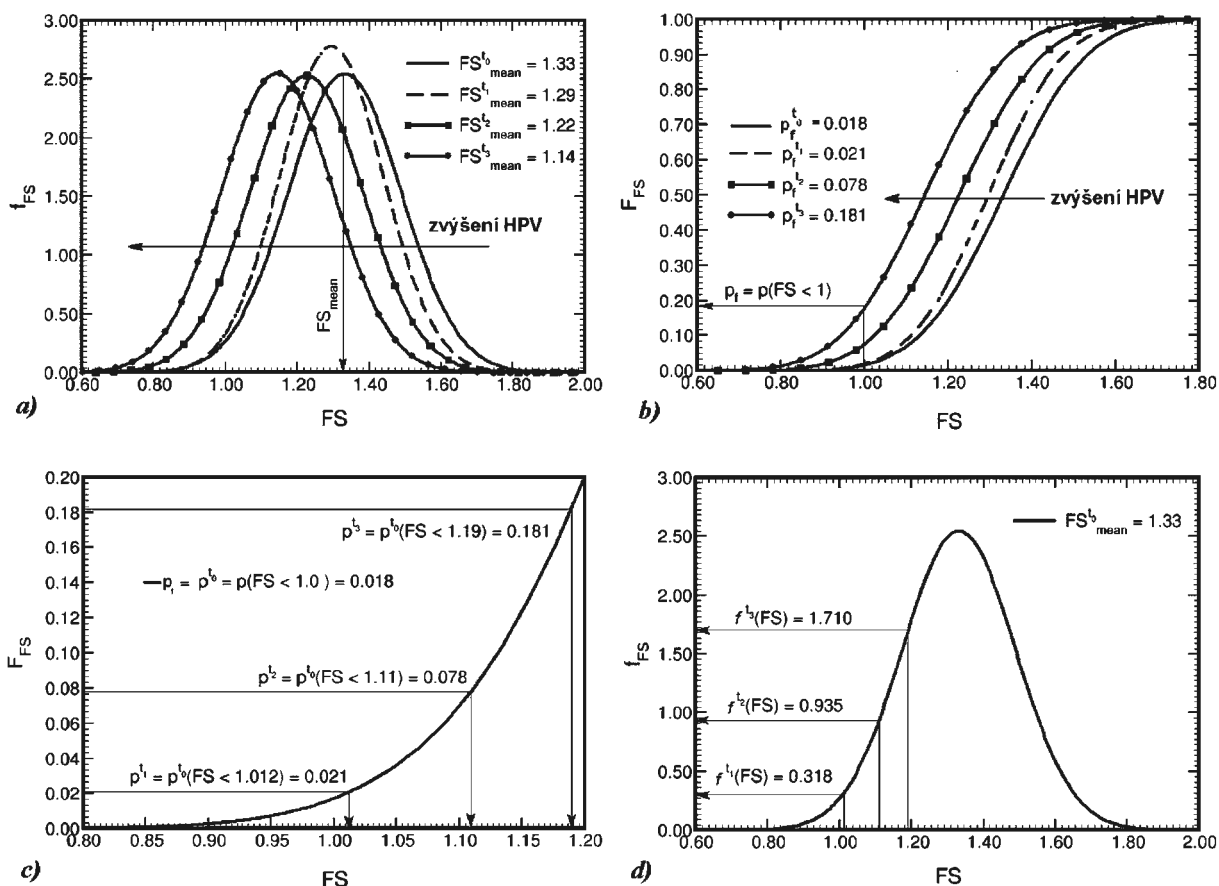
Příklad

Pro ilustraci odvozených vztahů byl použit model jednoduchého homogenního svahu sypané zemní hráze při postupném zvyšování hladiny podzemní vody (obr. 2). Aby bylo možné odhadnout potřebný nárůst požadované hodnoty stupně bezpečnosti v čase $\overline{FS}(t)$ a následně vývoj intenzity poruch $\lambda(t)$, bylo třeba řešit čtyři základní případy:

1. suchá zemina;
2. nízká hladina podzemní vody dosažená v čase $t_1 = 2,3$ měsíce (během intervalu $\Delta t_1 = t_1 - t_0 = 2,3$ měs.);
3. střední hladina podzemní vody dosažená v čase $t_1 = 4,8$ měsíce (během intervalu $\Delta t_2 = t_2 - t_1 = 2,5$ měs.);
4. vysoká hladina podzemní vody dosažená v čase $t_3 = 5,7$ měsíce (během intervalu $\Delta t_3 = t_3 - t_2 = 0,9$ měs.).

Náhodné parametry smykové pevnosti zeminy c, φ byly uvažovány jako normálně (alternativně lognormálně) rozdělené. Výsledky řešení jsou pro stručnost uvedeny pouze pro normální rozdělení s dolními a horními kvantily 97,5 % $Q_1 = 5$ kPa, $Q_2 = 15$ kPa, $Q_1 = 15^\circ$, $Q_2 = 25^\circ$ a s korelačním koeficientem $\rho(c, \varphi) = -0,4$. Na základě simulací náhodných parametrů byly metodou LHS získány soubory hodnot stupně bezpečnosti FS . Jejich rozdělení lze dostatečně výstižně nahradit normálním rozdělením (obr. 6a).

Odezva svahu na postupné zvyšování hladiny podzemní vody je znázorněna v obr. 6. Podle očekávání se během napouštění vodní nádrže snižuje střední hodnota stupně bezpečnosti FS (obr. 6a) a zvyšuje se pravděpodobnost poruchy, což se projevuje posunem distribuční funkce vlevo



Obr. 6.

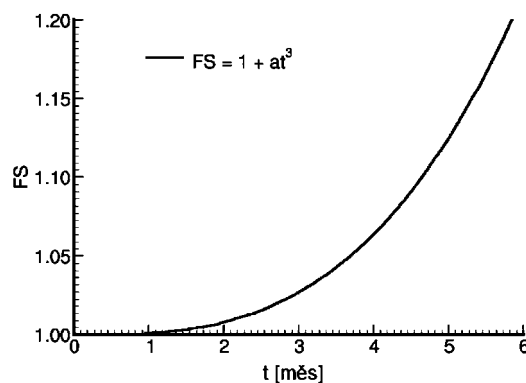
a – časová změna funkce hustoty pravděpodobnosti FS , b – časová změna distribuční funkce FS , c – pravděpodobnosti poruchy určené postupným zvyšováním předepsané hodnoty $FS(t)$, d – hustota pravděpodobnosti pro předepsané hodnoty $FS(t)$

(obr. 6b). Tytéž hodnoty pravděpodobnosti poruchy se získají z původní distribuční funkce odpovídající suché zemině postupným zvyšováním předepsané hodnoty stupně bezpečnosti $\overline{FS}(t)$ (obr. 6c). V obrázku 6d jsou na odpovídající funkci hustoty pravděpodobnosti pro suchou zeminu vyznačeny hodnoty f_{FS} v předepsaných časech t_1, t_2, t_3 , které budou využity při určování intenzity poruch $\lambda(t)$ ze vzorce (23) (zároveň s hodnotami distribuční funkce F_{FS} uvedenými v obr. 6c).

Až dosud byla časová závislost předepsané hodnoty stupně bezpečnosti víceméně formální, jelikož jeho hodnota odpovídá hladině podzemní vody vázané na čas potřebný k jejímu dosažení. Ke kvantifikaci vývoje intenzity poruch podle vzorce (21) je však uvedena časová závislost $\overline{FS}(t)$ nutná. Taková funkce je ovšem málokdy k dispozici. V řešeném příkladu byla použita závislost $\overline{FS}(t) = 1 + at^3$ znázorněná pro $a = 0,001$ v obr. 7. Pokud jsou na základě monitoringu známy hodnoty poklesu stupně bezpečnosti v určitých časových intervalech, je výhodné použití vzorce (23) k přibližnému výpočtu intenzity poruch ve stanovených časech t_i ($i = 1, 2, 3$). Derivaci stupně bezpečnosti lze zpřesnit např. aproximací ve tvaru

$$\frac{d\overline{FS}}{dt} = 3a^*t^2. \quad (24)$$

Tento výraz odpovídá předpokládanému průběhu funkce \overline{FS} z obr. 7. Máme však k dispozici pouze diskrétní hodnoty stupně bezpečnosti v předepsaných časech t_i ($i = 1, 2, 3$). Pomocí nich lze odhadnout numericky derivace ve středech intervalů Δt_i ($i = 1, 2, 3$). Metodou nejmenších čtverců najdeme odhad parametru $3a^* = 0,0032$, který je blízký přesné výchozí hod-



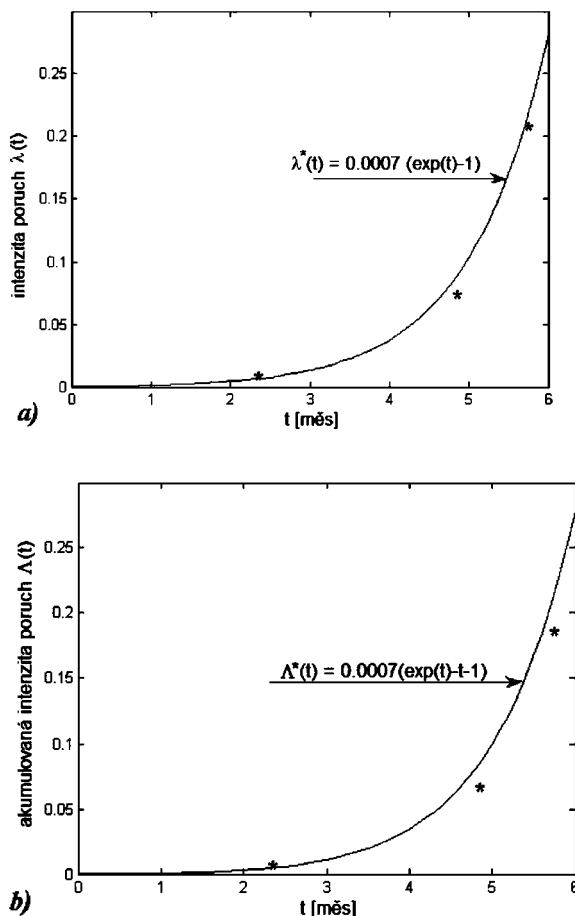
Obr. 7. Časová závislost stupně bezpečnosti

notě $3a = 0,003$, což ukazuje na výstiznost numerického výpočtu.

Průběh intenzity poruch λ^* , odhadnutý ze vzorce (23) s využitím aproximace (24), je na obr. 8a. Číselné hodnoty λ^* vypočtené v časech t_i ($i = 1, 2, 3$) jsou proloženy zvolenou křivkou

$$\lambda^*(t) = b(e^t - 1). \quad (25)$$

Konstanta $b = 0,007$ byla opět stanovena metodou nejmenších čtverců. Přesné hodnoty vypočtené v časech t_i ze vzorce (21) jsou v obr. 8a vyznačeny symbolem *.



Obr. 8.

a – predikované intenzity poruch, *b* – predikované akumulované intenzity poruch

Akumulované intenzity poruch Λ znázorňuje obr. 8b. Vynesená křivka odpovídá aproximaci

$$\Lambda^*(t) = \int_0^t \lambda^*(\tau) d\tau = b(e^t - t - 1). \quad (26)$$

Přesné hodnoty v časech t_i ($i = 1, 2, 3$) jsou určeny ze vzorce (22). Hrubý odhad této funkce lze získat integrací (26) pomocí lichoběžníkového pravidla.

Závěry

V článku je navržena metodika odhadu okamžité a akumulované intenzity poruch zemního svahu na základě experimentálního zjištění poklesu stupně bezpečnosti, který je způsoben postupným zvyšováním hladiny podzemní vody. Používá se pravděpodobnostní přístup, který přihlíží k náhodnému charakteru smykových parametrů zeminy. Na základě simulací vstupních veličin se metodou LHS určí hustota pravděpodobnosti, resp. distribuční funkce stupně bezpečnosti svahu, které se využijí k odhadu intenzity poruch ve stanoveném čase. Uvedený postup je jednodušší alternativou ke komplexnímu a náročnějšímu řešení problému, vyžadujícího znalost transportu vlhkosti v zemině. Předložený algoritmus by mohl být pro projektanta pomocným nástrojem upozorňujícím na neočekávanou rychlou změnu intenzity poruch. Jako ilustrativní příklad byl použit jednoduchý homogenní svah, avšak ani svah obecnějšího tvaru a materiálového složení nečiní při analýze potíže.

Literatura

- [1] Šejnoha, M.: Variační přístup k pravděpodobnostní analýze zemních svahů. [Diplomová práce], ČVUT Praha, 1992.
- [2] Griffiths, D. V.: Stability Analysis of Highly Variable Soils by Elasto-Plastic Finite Elements. International Journal for Numerical Methods in Engineering 50, 2001, pp. 2667–2682.
- [3] Fenton, G. – Griffiths, D. V.: A Slope Stability Reliability Model. Proceedings of the K. Y. Lo Symposium, London, Ontario, Canada, 2005, on CD ROM.
- [4] Jarušková, D.: Pravděpodobnost a matematická statistika. Praha, Vydavatelství ČVUT 2000.
- [5] Rao, S. S.: Reliability – Based Design. New York, McGraw-Hill 1992.
- [6] Taylor, L. D.: Probability and Mathematical Statistics. New York, Harper & Row Publishers 1974.

Příspěvek byl vypracován za podpory projektu ČAV č. 1ET410430516. Při řešení byly částečně využity výsledky dosažené ve výzkumném záměru VZ č. 1 – MSM6840770001.

Šejnoha, M. – Kalousková, M. – Šejnoha, J.: Estimate of Time-Dependent Reliability and Intensity of Failures of Earth Slopes

This paper concentrates on the time dependent reliability of earth slopes with regard to the reduction of the factor of safety caused by the gradual increase of groundwater table. Stochastic modelling of soil material characteristics is proposed. To estimate intensity of failure a simple equation based on experimentally determined reduction of the factor of safety of a slope is derived. An illustrative example of an earth dam with a gradual increase of groundwater table is introduced.

Šejnoha, M. – Kalousková, M. – Šejnoha, J.: Schätzung der zeitabhängigen Verlässlichkeit und Intensität von Störungen einer Erdböschung

Der Artikel befasst sich mit der zeitabhängigen Verlässlichkeit von Erdböschungen unter Berücksichtigung der Herabsetzung der Sicherheitsstufe unter dem Einfluss des Steigens des Grundwasserspiegels. Es wird eine Art der stochastischen Modellierung der Materialcharakteristiken des Erdstoffs vorgeschlagen. Für die Schätzung der Intensität von Störungen wird eine einfache Formel abgeleitet, welche die experimentell festgestellte Herabsetzung der Sicherheitsstufe der Böschung in bestimmten Intervallen anwendet. Der Algorithmus wird durch ein Beispiel eines geschütteten Erdammes illustriert.

Vlastnosti jemnozrného betonu po aplikaci silikátové izolace s biochemickou modifikací

Ing. Milena JIŘIČKOVÁ, Ph. D.
prof. Ing. Robert ČERNÝ, DrSc.
ČVUT – Fakulta stavební, Praha

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

V článku je analyzována ochranná funkce nového hydroizolačního přípravku na silikátové bázi s biochemickou modifikací proti pronikání vody do podkladního porézního materiálu, jímž je jemnozrný beton s přidáním superplastifikátoru a bez tohoto přídatku. U těchto dvou podkladních materiálů jsou stanoveny základní charakteristiky, mechanické parametry a vazebné izotermy chloridů, jež jsou spolehlivým indikátorem odolnosti materiálu vůči působení agresivních roztoků. Pro posouzení vlivu nátěru na mechanismus šíření vody v systému nátěr/podklad jsou určeny transportní parametry vody a vodní páry jemnozrného betonu s aplikovaným nátěrem, a poté porovnány s příslušnými parametry téhož betonu bez nátěru.

Úvod

Betonové konstrukce jsou vystaveny řadě nepříznivých vlivů, které mohou nežádoucím způsobem ovlivnit vlastnosti a životnost těchto konstrukcí. Z tohoto důvodu je důležitá ochrana betonu, která tyto vlivy eliminuje, a prodlouží tak periodu mezi prováděním oprav. Ochrana betonu proti korozi lze rozdělit na dva základní typy, jednak je to ochrana primární, spočívající ve výrobě betonu s výbornými užitnými vlastnostmi, např. vysokohodnotný beton, a dále je to ochrana sekundární, kdy se ošetřuje povrch stávající konstrukce. Povrchové úpravy zahrnují impregnace, nátěry, stěrky, stříkané elastomerové membrány, dále lepené nebo volně položené pásové izolace a pro těsnění velmi porézních betonů se používá injektáž [1].

Uvedená opatření, pokud jsou provedena správně, jsou účinná zejména proti pronikání vody a proti působení agresivních látek z okolního prostředí, avšak jsou finančně dosti náročná. Z tohoto důvodu byla navržena aplikace silikátové biochemicky modifikované izolační vrstvy, která je velmi levná a ochrání betonovou konstrukci po celou dobu její životnosti. Tento hydroizolační nátěr po nanesení vytvoří na povrchu betonu pás do hloubky až 20 mm v závislosti na porositě betonu. Působení izolace je založeno na tvorbě hydratovaných křemičitanů vápenatých v pórech a trhlínách betonové matrice. V případě betonů zkarbonátovaných či neobsahujících volné vápenaté ionty lze vnést tyto ionty do povrchu betonu aplikací roztoků vápenatých solí. Nátěr je schopen utěsnit prosakující trhliny až do šířky 2 mm. Pokud dojde ke vzniku sekundárních trhlín v již ošetřeném povrchu betonu, nátěr znovu zreaguje ve styku s vodou a zaplní reakčními produkty nově vznikající trhliny až do velikosti 1 mm. Tento jev se označuje jako autogenní ošetření.

Uplatnění hydroizolačního přípravku na silikátové bázi s biochemickou modifikací je široké, používá se např. k ošetření střeš a pódiových ploch, parkovišť, povrchu silničních a železničních mostů, přístavišť, konstrukcí zadržujících vodu atd.

V současné době není k dispozici mnoho informací a dat o chování a vlastnostech tohoto typu hydroizolace. CSIRO [2] uvádí stanovení průniku vody a chloridů do ošetřených betonů, ale např. pórovitost, mikrostruktura, transportní parametry solí, vlhkostní parametry a karbonatace nebyly dosud studovány.

V článku jsou uvedeny základní charakteristiky, mechanické parametry a vazebné izotermy chloridů jemnozrných betonů s přidáním superplastifikátoru a bez tohoto přídatku. Na povrch podkladních porézních materiálů je aplikován hydroizolační silikátový nátěr nové generace, u něhož je posuzován vliv na pronikání vody a vodní páry do podkladního materiálu.

Materiály a příprava vzorků

Testována byla záměs jemnozrného betonu bez plastifikátoru, označená SI, a záměs stejného betonu se superplastifikátorem, označená SII (tab. 1). Jedna sada vzorků zůstala

Tab. 1. Složení jemnozrných betonových záměsí

Vzorek	Poměr složek záměsi [kg]			
	CEM I 42,5 R	písek 0/4 mm	*Addiment	vodní
	Hranice	Bratčice	FM 350	součinitel
SI	16,80	66,68	–	0,62
SII	16,80	67,00	0,17	0,36

povrchově neošetřená, druhá sada, označená SIR a SIIR, byla natřena silikátovou biochemicky modifikovanou izolací, která obsahuje jako hlavní složku sodné vodní sklo, dále příměsi umožňující intenzivnější pronikání roztoku do pórů ošetřovaného materiálu a látku, která udržuje reakční produkty v gelovém stavu. Výsledky chemické analýzy a žihání silikátové hydroizolace ukazuje tab. 2. Silikátová složka vodního skla reaguje s vápenatými ionty v cementovém tmele za tvorby gelů CSH. Tyto gely zaplní póry a trhliny, a zabrání tak pronikání roztoků do betonu.

Tab. 2. Chemický rozbor silikátové hydroizolace

Obsah složky [%]		Ztráta žháním [%] z 27,11 % obsahu sušiny		
Na ₂ O	SiO ₂	105–450 °C	450–650 °C	650–1 000 °C
5,81	18,32	14,82	0,51	0,13

*Addiment FM 350 – superplastifikátor

Vzorky záměsí byly odlity do standardních trámčů 100 x 100 x 400 mm nebo 40 x 40 x 160 mm. Pro měření vazebných izoterem byly připraveny záměsi cementových past s vodním součinitelem 0,35 a 0,60, vzorek jemnozrného betonu se součinitelem 0,35, a odlity do forem 40 x 40 x 160 mm. Trámce byly ponechány ve vodě po dobu 28 dní a dále po dobu 7 dní na vzduchu při relativní vlhkosti 50 %. Pro experiment byly z těchto trámčů nařezány vzorky.

Silikátová izolace byla nanesena na vzorky, jejichž povrch byl obroušen tak, aby se otevřely póry schopné adsorbovat silikátový roztok. Po zaschnutí roztoku byl povrch třikrát pokropen vodou, což vedlo k vytvoření hydratovaných křemičitanů vápenatých (gelů CSH).

Metody a vzorky

Základními charakteristikami záměsi, např. zpracovatelnost a konzistence sednutí, či základními materiálovými parametry, jako je hustota, pórovitost či maximální nasákovost, které lze určit známými metodami nebo jsou předmětem norem [3], [4], [5], [6], se nebudeme zabývat, zaměříme se pouze na metody měření mechanických a vlhkostních parametrů a vazebných izoterm iontů.

Mechanické parametry

Pevnost v tlaku a tahu za ohybu se měřila na zkušebních tělesech 40 x 40 x 160 mm [7], pevnost v tahu za ohybu se ověřovala zkouškou třibodového ohybu v centrálním zářezem. Zkušební tělesa byla nejprve naříznuta v polovině délky diamantovou pilou do hloubky třetiny výšky tělesa, a pak upnuta do lisu. Zatěžování probíhalo s konstantním přírůstkem deformace, průběžně se zaznamenával průhyb poblíž zářezu (měřený pro přesnost přes tuhý rám nad jedním z podepření) a odpovídající zatížení. Měření bylo vyhodnoceno pomocí modelu efektivní trhlíny.

Vlhkostní parametry

Pro popsání transportu plynné vlhkosti byl stanoven součinitel difúze vodní páry a faktor difúzního odporu metodou bez teplotního spádu [8]. Toto měření spočívá v měření difúzního toku páry prošlé vzorkem při znalosti jejich parciálních tlaků ve vzduchu pod měrným povrchem vzorku a nad ním. Vzorek \varnothing 105 mm a tl. 20 mm byl vzduchotěsně a parotěsně izolován epoxidovou pryskyřicí a utěsněn technikou plastelínou ve speciálně vyrobené hliníkové misce naplněné buď sušicím médiem (vypálený CaCl_2) nebo roztokem s vysokým rovnovážným parciálním tlakem vodní páry (K_2SO_4). Misky se vzorky byly umístěny v klimatizované laboratoři při teplotě 24 ± 1 °C. Periodicky byly váženy a úbytky či přírůstky hmotnosti byly vyneseny v závislosti na době vážení do grafu. Po dosažení přímkového charakteru křivky se měření pokládalo za ukončené. Z ustáleného transportu byl vypočítán součinitel difúze vodní páry D [m^2s^{-1}] podle vzorce

$$D = \frac{\Delta m \cdot d \cdot R \cdot T}{S \cdot \tau \cdot M \cdot \Delta p_p}, \quad (1)$$

kde Δm je hmotnost páry prošlé vzorkem [kg] za období τ [s], d tloušťka vzorku [m], R univerzální plynová konstanta [$\text{Jmol}^{-1} \text{K}^{-1}$], T absolutní teplota [K], S plocha vzorku [m^2], M molární hmotnost vody [kgmol^{-1}] a Δp_p rozdíl parciálních tlaků vodní páry ve vzduchu na obou stranách vzorku [Pa]. Faktor difúzního odporu μ byl určen ze vztahu

$$\mu = \frac{D_a}{D} [-], \quad (2)$$

kde D_a je součinitel difúze vodní páry ve vzduchu.

Pro popis transportu kapalně vlhkosti byl stanoven součinitel vlhkostní vodivosti klasickým sorpčním experimentem. Vzorky 50 x 50 x 20 mm byly nejprve izolovány po obvodu epoxidovou pryskyřicí. Po vysušení na konstantní hmotnost

byly upevněny do kovové konstrukce zavěšené na digitální váze a čelní neizolovanou stranou ponořeny 1 až 2 mm pod vodní hladinu. Konstantní výšku hladiny v nádobě během nasákání udržuje Mariottova láhev, což je vodou naplněná láhev se dvěma zapuštěnými kapilárami. Jedna kapilára s vnitřním průměrem 2 mm je umístěna pod vodní hladinu v nádobě, druhá s vnitřním průměrem 5 mm se hladiny dotýká. Při poklesu hladiny v nádobě vnikne do kapiláry vzduchová bublina, která vytlačí takové množství vody ze druhé kapiláry, které je dostatečné pro vzestup hladiny na původní úroveň. Tímto jednoduchým způsobem jsou zachovány konstantní podmínky měření.

Počítačový program umožnil průběžně zaznamenávání hmotnostních přírůstků vzorku v daném okamžiku. Na základě naměřených hodnot byla sestrojena závislost kumulativního obsahu vlhkosti (na jednotku plochy) na odmocnině z času, ze které lze lineární regresí přímo určit vlhkostní absorpční koeficient A [$\text{kgm}^{-2}\text{s}^{-1/2}$]. Přibližná hodnota součinitele vlhkostní vodivosti κ [m^2s^{-1}] byla určena na základě vztahu [9]

$$\kappa \approx \left(\frac{A}{w_c - w_0} \right)^2, \quad (3)$$

kde w_c je nasycená vlhkost a w_0 počáteční vlhkost [kgm^{-3}].

Vazebné izotermy chloridů

Tang a Nilsson navrhli postup k určení adsorpční izotermy chloridů založený na adsorpci chloridů z roztoku [10]. Měřením roztoků s různou počáteční koncentrací solí c_0 jsou získány body funkce $c_b = c_b(c_f)$, kde c_b [mgg^{-1}] je obsah vázaných iontů, c_f koncentrace volných iontů, tj. vazebná izoterma iontů. Obsah vázaných chloridů je určen vztahem

$$c_b = \frac{M_{\text{Cl}} V (c_0 - c_1)}{w}, \quad (4)$$

kde M_{Cl} je molární hmotnost chlóru [kgmol^{-1}], V objem roztoku [ml], c_0 , c_1 počáteční a rovnovážná koncentrace roztoku chloridů [mol l^{-1}] a w hmotnost vzorku vysušeného v sušárně při 105 °C. Obsah volných chloridů c_f [mol l^{-1}] odpovídá hodnotě c_1 .



Obr. 1. Přístroj pH/ION 340i s iontově selektivní elektrodou

Ze standardního roztoku 1M-NaCl byly naředěny další o koncentraci od 0,005 až 0,800 M. Vzorky cementových past s rozdílným vodním součinitelem a vzorek jemnozrnného betonu s vodním součinitelem 0,35 o rozmě-

rech 40 x 40 x 10 mm byly umístěny do váženek s 200 ml roztoku soli dané koncentrace a řádně uzavřeny, dále byly skladovány v klimatizované laboratoři. Vnitřní roztok byl průběžně analyzován, dokud nebylo dosaženo rovnováhy. Po čtyřech měsících byl experiment ukončen a ze získaných dat sestrojeny vazebné izotermy chloridů pro daný materiál. Koncentrace chloridů byla určována přístrojem pH/ION 340i pomocí iontově selektivní elektrody (obr. 1).

Výsledky a diskuze

Ověřování všech parametrů probíhalo za konstantních podmínek v klimatizované laboratoři při 23 ± 1 °C a relativní vlhkosti 25 až 35 %. Jako počáteční byla brána hmotnost vysušeného materiálu. Prezentované výsledky jsou průměrnou hodnotou tří až pěti měření. Výsledky zkoušek mechanických parametrů shrnuje tab. 3. Je zřejmé, že u základních směsí jemnozrnných betonů měl výrazně lepší vlastnosti beton s plastifikátorem SII, který dosahoval o 50 % vyšší pevnosti v tlaku a o 30 % vyšší pevnosti v tahu za ohybu. Tabulka 4 ukazuje základní parametry záměsí jemnozrnných betonů, ρ je objemová hmotnost, ρ_{mat} hustota pevné matrice a Ψ pórovitost. Dále byla stanovena zpracovatelnost čerstvé malty H_m a konzistence sednutím kužele podle Abramse, kde d je průměr rozlivového koláče. Jemnozrnný beton s příměsí superplastifikátoru (SII) vykazuje přibližně o 5 % větší objemovou hmotnost, a zároveň výrazně menší pórovitost, o 36 %. Při téměř stejném faktoru H_m , 0,140 m pro SI a 0,135 m pro SII, je směs betonu se superplastifikátorem znatelně tekutější, a to při menším obsahu záměsové vody. Záměs SI lze podle velikosti průměru rozlivového koláče zařadit do třídy S1, záměs SII pak do třídy S3. Přídavek superplastifikátoru tedy zřetelně snížil pórovitost matrice jemnozrnného betonu, a současně zlepšil zpracovatelnost záměsí. Z porovnání hodnot pórovitosti v tab. 4 s hodnotami pevností v tlaku v tab. 3 je zřejmé, že s poklesem pórovitosti došlo k očekávanému nárůstu pevnosti.

Tab. 3. Mechanické vlastnosti

Vzorek	Pevnost [MPa]	
	v tlaku	v tahu za ohybu
SI	29,5±2,0	5,6±0,7
SII	59,6±3,5	7,8±0,7

Tab. 4. Materiálové charakteristiky záměsí

Vzorek	ρ	ρ_{mat}	Ψ	H_m	d
	[kg m ⁻³]			[m]	
SI	2 130	2 464	14	0,140	0,04
SII	2 235	2 470	9	0,135	0,11

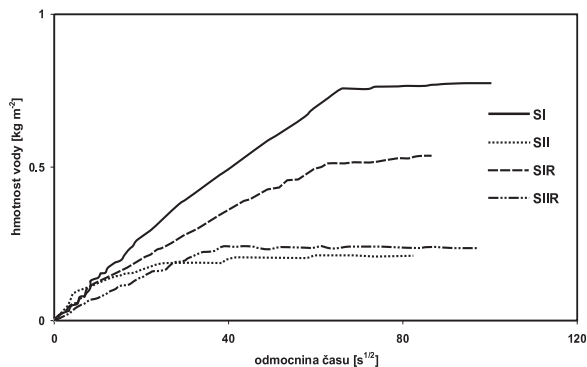
Výsledky měření transportních parametrů vodní páry v tab. 5 ukazují, že bylo dosaženo poněkud rozporuplných výsledků. U referenčních vzorků dosáhla vyšších hodnot faktoru difúzního odporu záměs SI, která je ovšem pórovitější, a to jak pro rozsah relativní vlhkosti 97 až 25 %, tak i pro 5 až 35 %. Tento výsledek může souviset s rozdílnou distribucí pórů studovaných materiálů. Vliv nátěru se významně projevil jen na záměsí SII, kde došlo až k téměř dvojnásobnému nárůstu faktoru difúzního odporu pro rozsah relativní vlhkosti 97 až 25 %, pro 5 až 35 % byl ovšem vliv nátěru nepatrný. U zá-

měsí SI došlo vlivem nátěru v jednom případě k nárůstu, ve druhém k poklesu faktoru difúzního odporu. Z výsledků tedy nelze udělat jednoznačný závěr o průkazném vlivu nátěru. Spíše je zde reflektován vliv možných mikrotrhlín ve vzorcích, který pro materiály s vysokou odolností proti pronikání vodní páry může být kritický. Přesnost výsledků mohla být ovlivněna i kolísáním teploty v průběhu experimentu, jež mohla způsobit chybu měření až v rozsahu 10 až 20 %.

Tab. 5. Vlhkostní transportní parametry materiálů

Vzorek	Transport vodní páry				Transport kapalné vody		
	D [m ² s ⁻¹]		μ [-]		A	w_{sat}	κ
	97-25	5-35	97-25	5-35			
	RV [%]				[kgm ⁻² s ^{-1/2}]	[kg m ⁻³]	[m ² /s]
SI	1,4E-7	2,2E-7	167	105	1,34E-2	135	9,9E-9
SII	3,7E-7	3,6E-7	62	64	0,50E-2	145	1,2E-9
SIR	2,2E-7	1,8E-7	112	134	0,64E-2	132	2,4E-9
SIIR	2,0E-7	3,5E-7	116	67	0,30E-2	116	6,9E-10

Obrázek 2 prezentuje křivky nasákavosti, vždy jednu typickou pro daný typ materiálu s nátěrem a bez nátěru. Na všech křivkách je zřetelný počáteční rychlý nárůst hmotnosti vody s konstantní hodnotou směrnice, což svědčí o relativně dobré kapilární aktivitě materiálu. Po přibližně jedné hodině se na křivkách nasákávání materiálu SI bez nátěru i s nátěrem objevuje charakteristický zlom a množství vody absorbované vzorkem se již dále nemění, takže dochází k rovnováze odparu z horní plochy s přívodem vody dolní plochou. Celkové množství absorbované vody je u materiálu s nátěrem zhruba o třetinu nižší. U vzorků SII (s nátěrem i bez nátěru) je dosaženo této rovnováhy mezi odparem a přívodem vody podstatně dříve, přibližně po 10 až 15 minutách, a to při polovičním až třetinovém obsahu vody ve vzorku v porovnání s materiálem SI, ale celkové množství vody ve vzorku bez nátěru i s nátěrem se liší pouze v rámci chyby měření. Z výsledků je tedy patrné, že rozhodujícím faktorem, způsobujícím rozdíly v charakteru nasákávání, byla menší pórovitost materiálu SII, a tedy úspěšnější technologie jeho přípravy z hlediska odolnosti proti vodě. Nátěr na povrchu materiálů SI a SII zřejmě vytvořil hydroizolační bariéru, jak se ukazuje z jeho částečné úspěšnosti na materiálu SI, avšak její tloušťka nebyla dostatečná a nezamezila průniku vlhkosti do podkladního materiálu.

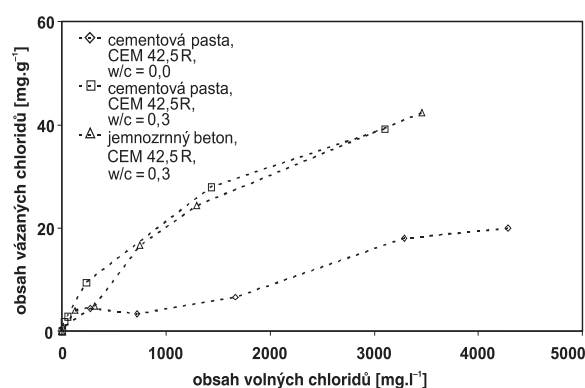


Obr. 2. Charakteristické křivky nasákání záměsí jemnozrnných betonů s nátěrem a bez nátěru

Na základě časové historie nasákávání byly pro analyzované materiály s nátěrem i bez nátěru vypočítány vlhkostní absorpční koeficienty (tab. 5). Hodnoty vlhkostního absorp-

čního koeficientu a nasycené vlhkosti potom umožnily stanovit průměrné hodnoty součinitele vlhkostní vodivosti. Je patrné, že snížení pórovitosti přidavkem superplastifikátoru do záměsi jemnozrného betonu vedlo ke snížení součinitele vlhkostní vodivosti zhruba na osminu. U vzorků s aplikovaným nátěrem došlo k poklesu součinitele vlhkostní vodivosti, a to u vzorků bez superplastifikátoru na čtvrtinu, u vzorků se superplastifikátorem o 60 %. Tyto výsledky ukazují ve shodě s výsledky na obr. 2, že nátěr ovlivnil zejména počáteční fázi nasákávání. Z hlediska přesnosti měření jsou výsledné hodnoty ovlivněny především výkyvy teploty a relativní vlhkosti během experimentu, relativní chyba měření je $\pm 10\%$ z naměřené hodnoty.

Obrázek 3 prezentuje vazebné izotermy chloridů stanovené pouze pro základní materiály v závislosti na vodním součiniteli a přítomnosti kameniva. Obsah chloridů v materiá-



Obr. 3. Vazebné izotermy chloridů

lech byl získán vyluhováním drti vzorku ve vroucí destilované vodě. Z výsledků je patrné, že nejnižší vazebnou kapacitu chloridů vykazuje cementová pasta s vyšším vodním součinitelem, což je v souladu s její větší pórovitostí, a tedy zřejmě větším podílem pórů většího poloměru a nižším specifickým povrchem pórů. Cementová pasta s menším vodním součinitelem má vazebnou kapacitu větší a její vazebná izoterma se téměř shoduje s vazebnou izotermou jemnozrného betonu. Při analýze možných chyb měření vazebných izoterm je třeba vzít v úvahu, že ustavení rovnováhy je dlouhodobý problém a měření trvá obvykle několik měsíců, což musí vést k nezbytné optimalizaci postupu měření. V průběhu experimentu se proto kontroluje, zda nedochází k odpařování roztoku soli, které by mohlo zkreslit výsledky. Pro

urychlení transportu iontů obsažených v loužicím roztoku k povrchu vzorku se váženky během experimentu protřepávají. Předpokládáme-li, že možné chyby z neustavení rovnováhy mezi vzorkem a roztokem a z důvodu odparu jsou zanedbatelné, rozhodující pro přesnost měření je chyba měření koncentrace solí. Na základě kalibračních měření lze chybu měření koncentrace iontově selektivními elektrodami v případě chloridové elektrody uvažovat přibližně 10 %, přičemž ovšem chyba může značně vzrůst, pokud loužící roztok obsahuje nežádoucí příměsi iontů. Obsah chloridů rozpuštěných v destilované vodě byl 0,6 mg/l, počáteční obsah chloridů ve vzorcích studovaných materiálů stanovený iontově selektivní elektrodou 4,5 mg/l, takže vlivem těchto faktorů nedošlo k významnému ovlivnění přesnosti měření.

Závěr

Experimenty ukázaly, že studovaný hydroizolační silikátový nátěr s biochemickou modifikací má potenciál stát se efektivním prostředkem pro omezení průniku vody do betonu. Je ovšem třeba vyřešit problém jeho penetrace do dostatečné hloubky podkladního materiálu, která by v optimálním případě měla být 10 až 20 mm.

Článek vznikl za podpory projektu č. 103/05/2376 GA ČR.

Literatura

- [1] Rovnaníková, P. – Janíček, D.: Injektáže polyuretanovými pryskyřicemi ve stavební praxi. [Sborník], konference Sanace a rekonstrukce staveb, Praha, 1998, s. 122–127.
- [2] CSIRO, Building, Construction and Engineering. NSW, Australia, 1999.
- [3] ČSN 72 2441 Zkouška zpracovatelnosti čerstvé malty. ČSN, 1985.
- [4] ČSN ISO 4103 Konzistence sednutím kužele dle Abramse. ČSN, 1994.
- [5] Pavlík, Z.: Development of a Semi-Scale Technique for the Assessment of Hydro-Thermal Performance of Multi-Layered System of Building Materials. CTU Reports, 1, Vol. 8, Praha, 2004.
- [6] Černý, R. – Rovnaníková, P.: Transport Processes in Concrete. London, Spon Press 2002.
- [7] ČSN EN 196-1 Metody zkoušení cementu. Stanovení pevnosti. ČSN, 1993.
- [8] ČSN 72 7031 Měření součinitele difúze vodní páry stavebních materiálů metodou bez teplotního spádu. ČSN, 1973.
- [9] Kumaran, M. K.: Moisture Diffusivity of Building Materials from Water Absorption Measurements. IEA Annex 24 Report T3-CA-94/01, Ottawa 1994.
- [10] Tang, L. – Nilsson, L. O.: Chloride Binding Capacity and Binding Isotherms of OPC Pastes and Mortars. Cement and Concrete Research, 23, 1993, pp. 247–253.

Jiříčková, M. – Černý, R. – Rovnaníková, P.: Properties of Fine-Grained Concrete after Application of Biochemically Modified Silicate Protecting Layer

The protective function of a biochemically modified silicate layer against water penetration is studied for fine grained concrete substrates with and without superplasticizer addition. Basic characteristics, mechanical properties, and chloride binding isotherms, which are considered as a reliable indicator of material resistance to aggressive solutions, are determined. For the assessment of the effect of silicate protection, water and water vapour transport parameters of fine grained concrete with a protective layer are determined and compared with the properties of the same concrete without protection.

Jiříčková, M. – Černý, R. – Rovnaníková, P.: Die Eigenschaften von Beton nach Anwendung einer Silikatabdichtung mit biochemischer Modifikation

Im Artikel wird die Schutzfunktion eines neuen Abdichtungsmittels auf Silikatbasis mit biochemischer Modifikation gegen das Durchdringen von Wasser in poröses Unterbaumaterial analysiert, welches Feinkornbeton mit einem Zusatz eines Superplastifikators und ohne Zusatz ist. Bei diesen zwei Unterbaumaterialien werden die Grundcharakteristiken, die mechanischen Parameter und die Bindekraftisothermen von Chloriden bestimmt, die ein zuverlässiger Indikator der Beständigkeit des Materials gegen die Einwirkung aggressiver Lösungen sind. Nach der Beurteilung des Einflusses des Anstrichs auf den Mechanismus der Ausbreitung des Wassers im System Anstrich/Unterbau werden die Transportparameter des Feinkornbetons mit angewendetem Anstrich für Wasser und Wasserdampf bestimmt und danach mit den Parametern des gleichen Betons ohne Anstrich verglichen.

Stanovení difúzních a vodivostních parametrů transportu solného roztoku ve stavebních materiálech

Ing. Zbyšek PAVLÍK, Ph. D.
prof. Ing. Robert ČERNÝ, DrSc.
ČVUT – Fakulta stavební, Praha

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

V článku jsou popsány základní modely současného přenosu vody a solí ve stavebních materiálech a diskutovány metody stanovení transportních parametrů vlhkosti a solí, které se v těchto modelech vyskytují. Na závěr je uveden příklad stanovení součinitele vlhkostní vodivosti a difúzního součinitele solí na základě naměřených profilů vlhkosti a koncentrace solí.

Úvod

Soli přítomné v porézním systému stavebních materiálů ve formě roztoků nejsou většinou nebezpečné. K negativnímu působení na stavební materiály dochází na základě případného vypařování vody ze solného roztoku, v jehož důsledku vznikají krystaly solí a krystalové hydráty, což je doprovázeno krystalizačními tlaky na stěny porézního prostoru. Protože tyto krystalizační tlaky jsou často větší než pevnost materiálu, může následně dojít k jeho destrukci. Proto patří soli rozpustné ve vodě mezi nejčastější příčiny poškození jak historických, tak novodobých stavebních materiálů. Je nutné si uvědomit, že problém s vnikáním solí do stavebních materiálů není omezen pouze na materiály nosných konstrukcí. Často jsou vystaveny negativnímu působení solí i omítky, u kterých se setkáme nejen s krystalizací uvnitř porézní struktury, ale i na povrchu. Povrchová krystalizace, označovaná jako eflorescence (výkvěty), nepůsobí sice závažnější poškození jádrové vrstvy omítky, představuje však poškození povrchové vrstvy konstrukce z estetického hlediska.

Matematické modelování transportu solí ve stavebních materiálech je jedním z efektivních nástrojů, který může pomoci problémy způsobené solemi řešit. Jedním z typických příkladů je možnost identifikace solí ve stavebních konstrukcích. Pomocí počítačových simulací je možné předvídat postup hromadění solí ve zdech a omítkách a na základě toho odhadnout dobu vhodnou k opravě. Předem může být simulován i efekt odsolovacích metod, a následně provedena jejich optimalizace.

Efektivnost aplikace matematického modelování při řešení těchto problémů závisí na typu modelu. Je zřejmé, že soli mohou být v porézním materiálu transportovány pouze za přítomnosti vody, a proto je nezbytné modelovat transport vody a solí zároveň. V některých případech, kdy nárůstem teploty dochází k vypařování vody ze solného roztoku, je nezbytné modelovat společně s transportem solí a vody také transport tepla. Dostatečně přesné určení parametrů charakterizujících transport a akumulaci vody a solí, což je jeden ze základních předpokladů pro přesnost a efektivnost matema-

tického modelování, není jednoduchý úkol, protože tyto parametry nezávisí pouze na obsahu vody, koncentraci solí a teplotě, ale také na době přítomnosti solí v materiálu. Tak jako je přesnost počítačově simulovaných dat určena přesností stanovení vstupních materiálových parametrů, měl by být i výběr modelu přímo spojen s dostupnými materiálovými parametry.

V článku jsou uvedeny základní modely současného přenosu vody a solí podle vhodnosti použití při poškození stavebních materiálů solemi. Dále jsou analyzovány metody stanovení transportních a akumulacních parametrů vlhkosti a solí, které jsou diskutovány zejména z hlediska možnosti aplikace parametrů v matematických modelech. Nakonec je uveden ilustrativní příklad stanovení součinitele vlhkostní vodivosti a difúzního součinitele solí na základě naměřených profilů vlhkosti a koncentrace solí.

Základní modely

Většina modelů používaných pro popis transportu solí ve stavebních materiálech je velmi jednoduchá. Používají v naprosté většině Fickovu difúzní rovnici pro koncentraci solí s konstantním difúzním součinitelem a konstantními počátečními a okrajovými podmínkami

$$\frac{\partial C}{\partial t} = D \frac{\partial^2 C}{\partial x^2}, \quad (1)$$

$$C(0, t) = C_0, \quad (2)$$

$$C(\infty, t) = 0, \quad (3)$$

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

kde D je difúzní součinitel solí, C koncentrace solí, C_0 koncentrace soli na konci vzorku vystaveném působení solného roztoku, x vzdálenost od exponovaného konce vzorku, t čas.

Rovnice (1) se zohledněním podmínek (2)–(4) má velmi jednoduché matematické řešení [1]

$$C(x, t) = C_0 \left[1 - \operatorname{erf} \left(\frac{x}{2\sqrt{Dt}} \right) \right], \quad (5)$$

což je patrně hlavní důvod pro aplikaci těchto typů modelů. Tento model použili např. Tutti [2], Funahashi [3], Cady a Weyers [4], Zemajtis a kol. [6], Costa a Appleton [7].

Model prezentovaný vztahy (1) až (4), který můžeme považovat při modelování transportu solí za vůbec nejjednodušší, obsahuje několik vážných nedostatků, které je nezbytné v praktických aplikacích brát v úvahu. Především jsou to předpoklady konstantního difúzního součinitele solí a zanedbání vlivu transportu vody na transport solí. Výsledky mnoha experimentů ukazují, že difúzní součinitel nemůže být stanoven z koncentračních profilů solí jako konstantní hodnota, zejména pokud byla měření profilů koncentrace solí provedena v delším časovém úseku a je při použití modelu (1) až (4) nejen funkcí koncentrace soli, ale i funkcí času. Přesto jsou tyto typy modelů užitečné v mnoha aplikacích, neboť takto stanovený difúzní součinitel má alespoň relativní hodnotu, na jejímž základě je možné porovnávat difúzní součinitele různých typů materiálů v různých prostředích.

Za další extrém při popisu transportu solí ve stavebních materiálech je možno považovat modely, které zároveň popisují transport tepla, vlhkosti a chemických látek včetně sekundárních vlivů. Mezi nejpokročilejší modely tohoto typu můžeme zařadit model Grunewalda [8], [9], patřící mezi velmi slibné v této oblasti [10]. Je ovšem třeba poznamenat, že ani tento model není ideálním řešením. Hlavní problém [8], [9] spočívá v jeho komplexnosti, a zejména ve faktu, že pro jeho aplikaci je bezpodmínečně nutná znalost velkého počtu vstupních materiálových parametrů. Experimentální stanovení některých z těchto vstupních parametrů je velmi časově náročné, což značně snižuje možnost jeho praktického uplatnění. Všechny materiálové parametry musí být totiž určeny jako funkce všech stavových proměnných, což znamená minimálně v závislosti na teplotě, obsahu vlhkosti a koncentraci soli. Prostor pro jeho aplikaci je tedy pravděpodobně pouze v případech, kdy je již k dispozici dostatečně velká databáze materiálových parametrů.

Jako logické řešení se tedy jeví aplikace modelů, které jsou jistým kompromisem mezi typy příliš zjednodušujícími řešenou problematiku a typy příliš komplexními. S jejich aplikací se však dosud setkáváme pouze zřídka. Typickým příkladem může být model navržený Boddym a kol. [11]. Autoři zavádějí do vztahu pro popis transportu solí také transport vlhkosti. Model je však stále založen na řešení lineární difúzní úlohy transportu solí, difúzní koeficient je zaveden jako funkce času a teploty a vliv transportu vody na transport soli není přímo uvažován.

Za mnohem úspěšnější pokus v tomto směru můžeme považovat práci Pela a kol. [12], kteří při transportu roztoku NaCl v cihle z křemičitanu vápenatého použili difúzní advektivní model Beara a Bachmata [13] ve formě

$$\frac{\partial(wC_f)}{\partial t} = \text{div}(wD \text{grad} C_f) - \text{div}(C_f \vec{v}) - \frac{\partial C_b}{\partial t}, \quad (6)$$

$$\frac{\partial w}{\partial t} = \text{div}(\kappa \text{grad} w), \quad (7)$$

kde C_f [kg/m³] je koncentrace volné soli ve vodě, C_b [kg/m³] koncentrace vázané soli v celém porézním tělese, D [m²/s] difúzní koeficient pro soli, \vec{v} Darcyho rychlost [m/s], w objemový obsah vlhkosti [m³/m³] a κ součinitel vlhkostní vodivosti [m²/s]. Vyjádřením Darcyho rychlosti pomocí součinitele vlhkostní vodivosti

$$\vec{v} = -\kappa \text{grad} w \quad (8)$$

docházíme k systému dvou parabolických částečně vázaných diferenciálních rovnic, ve kterých se vyskytují tři hlavní materiálové parametry, jmenovitě D , κ a vazebná izoterma soli $C_b =$

$= C_b(C_f)$. Při aplikaci modelu Beara a Bachmata zanedbali Pel a kol. [12] disperzní člen v rovnici (6). Z tohoto důvodu se zabývali pouze experimentálně stanovenými součiniteli vlhkostní vodivosti a vazebné izotermy soli. Pro měření obsahu vlhkosti a koncentrace iontů Na⁺ využili metodu NMR (Nuclear Magnetic Resonance). Shoda mezi experimentálně stanovenými a vypočítanými profily koncentrací Na⁺ iontů nebyla však příliš dobrá, což je pravděpodobně důsledek příliš velkého zjednodušení použitého modelu zanedbáním disperze iontů soli.

Materiálové parametry difúzní advektivního modelu

Jak vyplývá z analýzy uvedené v předchozí části, model Beara a Bachmata [13] můžeme považovat za rozumný kompromis mezi příliš složitými a komplexními modely s nutností určení řady vstupních materiálových parametrů a modely zjednodušujícími řešenou problematiku zanedbáním vlivů, které mohou mít v řadě případů při transportu soli významnou úlohu. Proto se tímto modelem budeme zabývat podrobněji.

Hlavní problém při určení materiálových parametrů v rámci modelu (6) a (7) je dán tím, že se v rovnici (6) vyskytují současně parametry D a κ . To vede k nutnosti řešit současně inverzní úlohu transportu vlhkosti a soli pro obě rovnice. Řešení inverzní úlohy parabolických diferenciálních rovnic však není jednoduché, dokonce ani v případě jedné rovnice [10]. Proto se jeví jako logické se tomuto řešení vyhnout.

Jednou z možností, jak řešit inverzní úlohu současného transportu vlhkosti a soli pro stanovení D a κ , je zanedbat vliv disperze. Tato myšlenka se však nezdá být vhodná, což dokazují získané výsledky [12]. Další možností je použití konceptu efektivních transportních parametrů [14]. Hlavním rozdílem mezi efektivními parametry a termodynamicky „čistými“ parametry vázaného transportu vody a soli je, že efektivní parametry nepopisují „čisté“ jevy probíhající při transportu, ale zahrnují i kombinované efekty. Určíme-li tímto způsobem součinitel difúze solí, je nutné si uvědomit, že získaný parametr zahrnuje nejen difúzi volné soli v porézním prostoru, ale také efekt vazby soli na stěny pórů a efekt přenosu soli advekcí v důsledku přenosu vody.

Za těchto zjednodušujících předpokladů dostaneme stejné parabolické diferenciální rovnice a stejné hraniční a počáteční podmínky jak pro transport vody, tak pro transport soli

$$\frac{\partial C}{\partial t} = \text{div}(D(C) \text{grad} C), \quad (9)$$

$$C(0, t) = C_1, \quad (10)$$

$$C(\infty, t) = C_2, \quad (11)$$

$$C(x, 0) = C_2, \quad (12)$$

kde C je buď koncentrace vody v kilogramech vody na kilogram suchého porézního tělesa nebo koncentrace chloridů v kilogramech iontů Cl⁻ na kilogram suchého porézního tělesa, D je buď efektivní součinitel difúze solí, nebo efektivní součinitel vlhkostní vodivosti.

Pro výpočet difúzního součinitele soli v závislosti na její koncentraci můžeme tedy využít stejné inverzní metody jako při určení součinitele vlhkostní vodivosti v závislosti na ob-

sahu vlhkosti nebo součinitele tepelné vodivosti v závislosti na teplotě [10]. Hlavním nedostatkem tohoto přístupu ovšem je, že získané efektivní parametry nejsou objektivně definované fyzikální veličiny. Proto je možné koncept efektivních transportních parametrů použít pouze v takových případech, kdy jsou platné stejné počáteční a okrajové podmínky (10)–(12). V ostatních případech se použít nedá. Zde proto uvádíme jednoduchou metodu pro určení součinitele difúze solí D a součinitele vlhkostní vodivosti κ na základě dvou nezávislých laboratorních experimentů, která by měla přispět k určitému posunu od modelu s efektivními parametry k difúzní advektivnímu modelu.

Jednoduchá metoda stanovení součinitele vlhkostní vodivosti a součinitele difúze solí

Pro určení součinitele vlhkostní vodivosti a součinitele difúze solí jsou navrhovány dva experimenty. V rámci prvního je stanoven součinitel vlhkostní vodivosti κ v závislosti na obsahu vlhkosti w na základě inverzní analýzy vlhkostních profilů změřených během penetrace destilované vody do suchého vzorku. Jako výsledek tohoto experimentu a provedených výpočtů získáme funkci $\kappa(w)$. Ve druhém experimentu proniká do vodou nasyceného vzorku materiálu roztok solí zvolené koncentrace. Inverzní analýzou experimentálně stanovených profilů koncentrace solí získáme difúzní koeficient solí v závislosti na koncentraci solí (funkce $D(C)$).

Navržený koncept stanovení parametrů D a κ jistě nepředstavuje konečné řešení, je pouze posunem k dokonalejšímu modelu, a jeho aplikace má proto jistá omezení. Experimenty mohou být použity pouze pro dostatečně zředěné roztoky s nižší koncentrací solí, neboť jinak by součinitel vlhkostní vodivosti byl také funkcí koncentrace solí. Metodika měření je limitována na aplikaci pro takové soli, které se málo vážou na stěny pórů konkrétního materiálu, neboť při určení materiálových parametrů nebyly vzaty v úvahu vazebné izotermy solí.

První omezení je dosti kritické. Pro více koncentrované roztoky by ve výše uvedených experimentech nebylo možné stanovit součinitel vlhkostní vodivosti jako funkci koncentrace solí v penetrujícím roztoku, která by se nepochybně stala významným faktorem. Určitou možností nápravy by bylo provedení série experimentů s různou koncentrací solí v roztoku pronikajícím do vzorku, ale tím by metoda ztratila svou relativní jednoduchost a časová náročnost by se výrazně zvětšila.

Druhé omezení je naopak možné vyřešit poměrně snadno. Změříme-li vazebnou izotermu solí, $C_b = C_b(C_f)$, difúzní součinitel solí můžeme na základě již zmíněného druhého experimentu stanovit řešením inverzní úlohy k rovnici

$$\left(1 + \frac{1}{w_{\text{sar}}} \frac{\partial C_b}{\partial C_f}\right) \frac{\partial C_f}{\partial t} = \text{div}(D \text{ grad} C_f), \quad (13)$$

kteří se v podstatě neliší od řešení inverzní úlohy k běžné difúzní rovnici.

Příklad

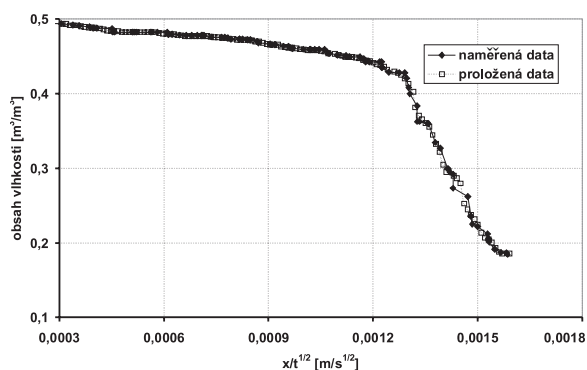
Pro praktické stanovení součinitele vlhkostní vodivosti a difúzního součinitele solí byla zvolena vytvrzená β -sádra, vyrobená z energosádrovce v elektrárně Počerady, s čistotou vyšší než 98 %. Vodní součinitel voda/sádra byl 0,627. Křiv-

ky navlhání (profily vlhkosti) byly měřeny na vzorcích ve tvaru kvádrů 20 x 40 x 290 mm, pro měření profilů koncentrace solí byly použity vzorky 40 x 40 x 190 mm. Aby bylo možné přenos vody, vodní páry a roztoku soli považovat za jednorozměrný, byly jednotlivé vzorky na bočních stranách izolovány epoxidovým tmelem. V případě pronikání roztoku soli do vodou plně nasyceného vzorku bylo nezbytné také zabránit vypařování vlhkosti z volného konce vzorku, který byl proto izolován stejným způsobem jako boční strany.

Uspořádání bylo stejné jako u běžných sorpčních experimentů [15]. Vzorek byl uchycen ve vertikální poloze a dán do kontaktu s pronikajícím médiem. V případě stanovení profilů vlhkosti byla tímto médiem voda. Při měření profilů koncentrace solí byl použit 3% roztok NaCl. Profily vlhkosti podél vzorku byly stanoveny v deseti vybraných intervalech za použití kapacitního měřiče vlhkosti [16]. Dále byl vzorek za sucha rozřezán na patnáct částí širokých 15 až 20 mm a v každé části gravimetricky stanoven obsah vlhkosti. Vzhledem k malým rozměrům vzorků můžeme považovat změnu povrchové vlhkosti způsobenou řezáním za sucha za zanedbatelnou. Takto stanovený vlhkostní profil byl použit jako kalibrační křivka při analýze výsledků získaných kapacitním senzorem.

Experiment pro stanovení profilu koncentrace solí probíhal 1 hodinu. Poté byl vzorek rozřezán na osm částí a v každé části změřen obsah chloridů. Pro určení jejich koncentrace byly kusy vzorku rozdrčeny ve vibračním mlýnku na zrna menší než 0,063 mm. Potom se 10 g rozemletého vzorku vyluhovalo po dobu 30 minut ve 180 ml vody teplé 80 °C. Pro urychlení vyluhovacího procesu sloužil magnetický míchač. Obsah chloridů ve vyluhu byl stanoven titrací roztokem dusičnanu rtuťnatého za použití nitroprusidu sodného jako indikátoru. Oba experimenty se prováděly v klimatizované laboratoři při teplotě 23 ± 1 °C a relativní vlhkosti 30 ± 2 %.

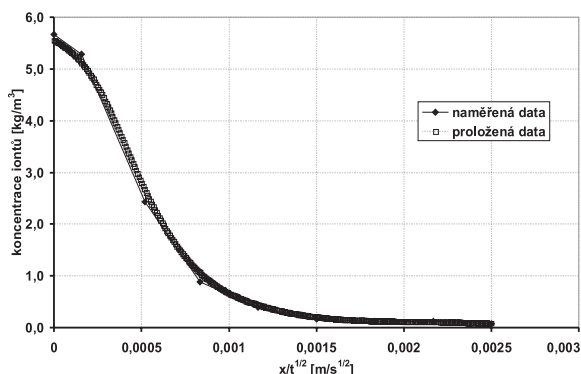
Na základě naměřených profilů koncentrace vody a NaCl byla provedena inverzní analýza transportu vlhkosti a solného roztoku za účelem výpočtu součinitele vlhkostní vodivosti κ a součinitele difúze solí D . Analýza byla provedena Matanovou metodou vycházející z principu Boltzmannovy transformace [10]. Na *obrázcích 1 a 2* jsou znázorněny pro-



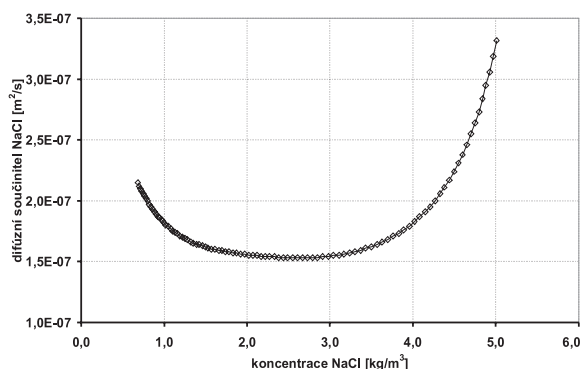
Obr. 1. Profily vlhkosti vyjádřené v objemu vody na objem materiálu

filí vlhkosti a koncentrace NaCl po Boltzmannově transformaci x/\sqrt{t} . Pro ilustraci jsou v grafu vynesena jak data získaná experimentálně, tak data vyhlazená metodou lineární filtrace, která byla použita pro inverzní analýzu při výpočtu D a κ . Výsledky výpočtu difúzního součinitele NaCl a součinitele vlhkostní vodivosti pro analyzované vzorky sádry jsou prezentovány na *obr. 3 a obr. 4*.

Je zřejmé, že hodnoty součinitele vlhkostní vodivosti zatvrdlé sádry se pohybují v předpokládaném rozmezí, které je

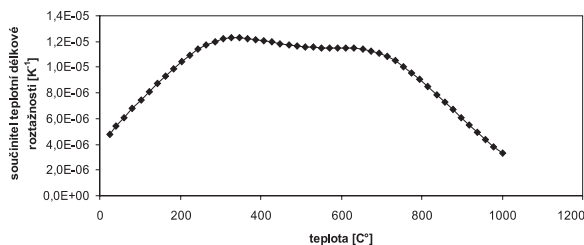


Obr. 2. Profily koncentrace soli vyjádřené v hmotnosti NaCl na objem vzorku



Obr. 3. Difúzní součinitel NaCl pro zatvrdlou sádku

typické pro kapilárně aktivní materiály. Vypočtené hodnoty difúzního součinitele NaCl jsou však poněkud vysoké, zhruba o dva řády vyšší, než je součinitel difúze NaCl ve vodě. Počítačová analýza nicméně prokázala, že naměřená data koncentrací solí z obr. 2 je možné po dosazení vypočítaných hodnot součinitele difúze NaCl a součinitele vlhkostní vodivosti z obr. 3 a obr. 4 do rovnice (6) reprodukovat v rámci



Obr. 4. Součinitel vlhkostní vodivosti pro zatvrdlou sádku

maximální odchylky do 10 %. To znamená, že řešení inverzní úlohy je z matematického hlediska správné. Vysoké hodnoty součinitele difúze NaCl pro zatvrdlou sádku je proto možné vysvětlit jednak povrchovou difúzí iontů, jednak také tím, že naměřená koncentrace solí je v podstatě celková, nikoli pouze koncentrace volných iontů. Podíl těchto dvou faktorů by ovšem bylo možné určit až na základě měření vazebné izotermie NaCl pro zatvrdlou sádku, která v současné době ještě není k dispozici.

Závěr

Experimenty a výpočty uvedené v tomto článku můžeme považovat za další krok k aplikaci difúzně advektivního

modelu Beara a Bachmata [13] pro řešení současného přenosu vlhkosti a solí ve stavebních materiálech. V dalším postupu je nutné doplnit zejména experimentálně stanovenou množinu materiálových parametrů o vazebné izotermie, což je časově poměrně náročná záležitost trvající zhruba čtyři až šest měsíců, a poté začít s ověřováním modelu ve složitějších případech, např. při pronikání roztoku soli do suchého vzorku.

Článek vznikl za podpory projektů č. 103/06/0031 a 103/04/P085 GA ČR.

Literatura

- [1] Carslaw, H. S. – Jaeger, J. C.: Conduction of Heat in Solids. Oxford, Clarendon Press 1959.
- [2] Tuuti, K.: Corrosion of Steel in Concrete. Swedish Cement and Concrete Research Institute, Stockholm, 1982.
- [3] Funahashi, M.: Predicting Corrosion-Free Service Life of a Concrete Structure in a Chloride Environment. ACI Material Journal, Vol. 87, 581–587, 1982.
- [4] Cady, P. D. – Weyers, R. E.: Predicting Service Life of Concrete Bridge Decks Subject to Reinforcement Corrosion. Corrosion Forms and Control for Infrastructure, ASTM STP 1137, American Society for Testing and Materials, 328–338, 1992.
- [5] Weyers, R. E.: Service Life Model for Concrete Structures in Chloride Laden Environments. ACI Materials Journal, Vol. 95, 445–453, 1998.
- [6] Zemajtis, J. – Weyers, R. E. – Sprinkel, M. M.: Corrosion Protection Service Life of Low-Permeable Concretes and Low-Permeable Concrete With a Corrosion Inhibitor. Transportation Research Report 1642, National Research Council, Washington, 51–59, 1998.
- [7] Costa, A. – Appleton, J.: Chloride Penetration Into Concrete in Marine Environment – Part II: Prediction of Long Term Chloride Penetration. Materials and Structures, Vol. 32, 354–359, 1999.
- [8] Grunewald, J.: Diffusiver und konvektiver Stoff- und Energietransport in kapillarporösen Baustoffen, PhD Thesis, TU Dresden, 1997.
- [9] Grunewald, J.: DELPHIN 4.1 – Documentation, Theoretical Fundamentals. TU Dresden, 2000.
- [10] Černý, R. – Rovnaníková, P.: Transport Processes in Concrete. London, Spon Press 2002.
- [11] Boddy, A. – Bentz, E. – Thomas, M. D. A. – Hooton, R. D.: An Overview and Sensitivity Study of a Multimechanistic Chloride Transport Model. Cement and Concrete Research, Vol. 29, 827–837, 1999.
- [12] Pel, L. – Kopinga, K. – Kaasschieter, E. F.: Saline Absorption in Calcium-Silicate Brick Observed by NMR Scanning. J. Phys. D: Appl. Phys., Vol. 33, 1380–1385, 2000.
- [13] Bear, J. – Bachmat, Y.: Introduction to Modelling of Transport Phenomena in Porous Media, Vol. 4, Dordrecht, Kluwer 1990.
- [14] Černý, R. – Pavlík, Z. – Rovnaníková, P.: Experimental Analysis of Coupled Water and Chloride Transport in Cement Mortar. Cement and Concrete Composites, 26, 705–715, 2004.
- [15] Jiříčková, M.: Application of TDR Microprobes, Minitensiometry and Minihygrometry to the Determination of Moisture Transport and Moisture Storage Parameters of Building Materials. CTU Reports, Vol. 2, CTU Prague, 2004.
- [16] Semerák, P. – Černý, R.: Kapacitní metoda pro měření vlhkosti stavebních materiálů. Stavební obzor, 6, 1997, č. 4, s. 102–103.

Pavlík, Z. – Černý, R. – Rovnaníková, P.: Determination of Material Parameters Describing Salt Solution Transport in Building Materials

Basic models of coupled water and salt transport in porous building materials are described in the paper and the methods for determination of water and salt transport parameters appearing in these models are dis-

cussed. Finally, a practical example of determination of moisture diffusivity and salt diffusion coefficient from the measured moisture and salt concentration profiles is given.

Pavlík, Z. – Černý, R. – Rovnaníková, P.: Bestimmung der Diffusions- und Leitparameter des Transports einer Salzlösung in Baumaterialien

Im Artikel werden die Grundmodelle des gleichzeitigen Transports von Wasser und Salz in Baumaterialien beschrieben und Verfahren zur Bestimmung der Transportparameter von Feuchtigkeit und Salz in diesen Modellen diskutiert. Es wird ein Beispiel zur Bestimmung des Feuchtigkeitsleitkoeffizienten und des Diffusionsleitkoeffizienten der Salze aufgrund der gemessenen Feuchtigkeitsprofile und der Salzkonzentration angeführt.

• zprávy

Administrativně technické centrum České spořitelny

Na podzim loňského roku byla zahájena výstavba nové budovy administrativně technického centra největšího domácího bankovního domu České spořitelny. Nová budova o sedmi nadzemních podlažích vzniká v ulici Antala Staška v areálu budov bývalého Armabetonu, tedy v dynamicky se rozvíjející oblasti nedaleko metra Budějovická v blízkosti dalších objektů České spořitelny. Projekt zahrnuje kromě kanceláří, technického a technologického zázemí, které usnadní a zefektivní provoz bankovního domu, i jídelnu, kterou bude možné v případě potřeby využít jako kongresové centrum.



Budova půdorysu U bude mít užžitnou plochu přes 26 tis. m². V samostatných podzemních prostorách bude parkoviště s kapacitou 189 míst, další parkovací stání vzniknou na povrchu. Termín dokončení se plánuje na květen 2007.

Investorem a developerem je společnost Sekyra Group. Vítězem výběrového řízení na generálního dodavatele stavby se stala společnost Skanska CZ, a. s., Divize Pozemní stavitelství Morava. Architektonickou podobu budovy navrhl ateliér Omicron-K pod vedením architekta Martina Kotíka.

Tisková informace

Moravskoslezská hornická společnost ČSVTS
při Hornicko-geologické fakultě VŠB-TU Ostrava
odborná skupina Lomové dobývání a úpravnictví
za spolupráce

Katedry dopravního stavitelství
Fakulty stavební VŠB-TU Ostrava
a
Oddělení úpravy nerostných surovin
Hornicko-geologické fakulty VŠB-TU Ostrava
pořádají

pod záštitou děkana FAST VŠB-TU Ostrava
doc. Ing. Aloise Materny, CSc., MBA

mezinárodní konferenci

RACIONÁLNÍ VYUŽITÍ PRŮMYSLOVÝCH ODPADŮ VE STAVEBNICTVÍ

4. až 5. října 2006

VŠB-Technická univerzita Ostrava

Tematické zaměření:

- recyklace a využití průmyslových odpadů ve stavebnictví a geotechnice
- ekologické a bezpečnostní aspekty produkce a recyklace průmyslových odpadů a jejich využití ve stavebnictví a příbuzných oborech
- problematika vzorkování a chemické analýzy průmyslových odpadů
- podnikatelské aktivity v oblasti recyklace průmyslových odpadů
- legislativní otázky recyklace a využití odpadů ve stavebnictví

Konference je určena pro organizace a firmy zabývající se využitím a recyklací průmyslových odpadů, pro výrobce strojů a zařízení na zpracování a recyklaci průmyslových odpadů, výrobce zařízení pro automatizaci zpracovatelských celků, producenty průmyslových odpadů, stavební firmy, výzkumné a projektové ústavy, vysoké školy, státní správu a ostatní odbornou veřejnost.

Kontaktní adresa:

doc. Ing. Miloslav Řezáč, Ph. D.
VŠB-Technická univerzita Ostrava
Fakulta stavební – Katedra dopravního stavitelství
L. Poděšť 1875
708 00 Ostrava-Poruba
tel: +420 597321313, fax: +420 597321361
e-mail: miloslav.rezac@vsb.cz

Tepelné a vlhkostní vlastnosti hydrofilních minerálních vln

Ing. Petr MICHÁLEK

Ing. Zbyšek PAVLÍK, Ph. D.

RNDr. Vratislav TYDLITÁT, CSc.

prof. Ing. Robert ČERNÝ, DrSc.

ČVUT – Fakulta stavební

Praha

V článku jsou představeny nové tepelně izolační materiály na bázi hydrofilní minerální vlny a výsledky měření jejich tepelných a vlhkostních vlastností. Data zahrnují součinitel tepelné vodivosti, součinitel difúze vodní páry, faktor difúzního odporu, absorpční koeficient vody a součinitel vlhkostní vodivosti.

Úvod

Mnoho výrobků z minerální vlny obsahuje hydrofobní přísady, protože pro většinu aplikací není přítomnost vody v materiálu žádoucí. Hlavním argumentem pro hydrofobizaci je, že přítomnost vody v minerální vlně několikrát zvyšuje její součinitel tepelné vodivosti, což vede ke ztrátě tepelně izolačních schopností. V některých případech však může hydrofobizace vést k problémům v konstrukci, zvláště nesprávném použití minerální vlny. Schopnost tohoto materiálu absorbovat hygroskopickou vlhkost je velmi malá a propustnost vodní páry velmi vysoká. Kombinace těchto vlastností může vést ke kondenzaci vodní páry, např. jsou-li desky z minerální vlny použity jako vnitřní tepelná izolace. V takovém případě vede hydrofobizace k hromadění vody v nižší části desek a následnému poškození konstrukce.

S aplikací hydrofilních přísad do matrice materiálů na bázi minerální vlny se v současné technické praxi setkáváme zřídka, např. v zemědělství, kde vrstvy minerální vlny s hydrofilními přísadami slouží jako podkladní materiál pro pěstování rostlin. Tyto přísady výrazně urychlují transport kapalné vlhkosti, a vytvářejí tak poměrně široký prostor pro další aplikace materiálů na bázi minerální vlny. Kromě vnitřních tepelných izolací, kde již byly pokusy učiněny [1], je další možností vysoušení a odsolování budov. V současnosti se k tomuto účelu často využívá buničitá vata, která je sice do jisté míry funkční, hydrofilně modifikovaná minerální vlna by však měla odsolování a vysoušení značně zefektivnit. Prezentovaná měření tepelných a vlhkostních vlastností nově vyvinutých materiálů by měla sloužit jako podklad pro posouzení jejich možného využití v praxi.

Experimentální metody

Základní parametry

Na základě výsledků měření vakuové nasákavosti byly pro charakterizování studovaných materiálů zvoleny objemová hmotnost, otevřená pórovitost a hustota matrice. Z hmotnosti suchého vzorku m_s , vodou nasyceného vzorku m_v a ponořeného vodou nasyceného vzorku m_a , tzv. Archi-

médovy hmotnosti, byl nejprve vypočítán jeho objem V podle rovnice

$$V = \frac{m_v - m_a}{\rho_v}, \quad (1)$$

kde ρ_v je hustota vody. Otevřená pórovitost ψ_0 , objemová hmotnost ρ a hustota matrice ρ_{mat} byly poté určeny pomocí rovnic

$$\psi_0 = \frac{m_v - m_s}{\rho_v V}, \quad (2)$$

$$\rho = \frac{m_s}{V}, \quad (3)$$

$$\rho_{\text{mat}} = \frac{m_s}{V(1 - \psi_0)}. \quad (4)$$

Součinitel tepelné vodivosti

Pro měření součinitele tepelné vodivosti λ [$\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$] byl použit přístroj ISOMET 2104 (Applied Precision, s. r. o., Bratislava). Měření bylo založeno na analýze průběhu časové závislosti teplotní odezvy na impulsy tepelného toku do analyzovaného materiálu [2].

Součinitel difúze vodní páry a faktor difúzního odporu

Při měření součinitele difúze vodní páry miskovou metodou byly použity modifikace wet cup, dry cup a wet/dry cup. Vzorky byly na bočních stranách vodotěsně a parotěsně izolovány silikonovým kaučukem, vloženy do misky a utěsněny silikonem. U metody wet cup byla uzavřená miska s nasyceným roztokem K_2SO_4 (rovnovážná relativní vlhkost nad roztokem byla 97,8 %) umístěna v klimatizované místnosti s relativní vlhkostí 25 % a pravidelně vážena. Měření se prováděla při 25 ± 1 °C v období dvou týdnů. Pro výpočet součinitele difúze vodní páry byly použity hodnoty při ustáleném úbytku vlhkosti určené lineární regresí pro posledních pět hodnot. U metody dry cup byla uzavřená miska s vysušeným silikagelem (rovnovážná relativní vlhkost nad vysušeným silikagelem byla 5 %) umístěna v klimatizované místnosti s relativní vlhkostí 25 %. U kombinované metody wet/dry cup byla uzavřená miska se silikagelem umístěna do termostatické komory s relativní vlhkostí 89 %.

Součinitel difúze vodní páry D [$\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$] byl vypočten z naměřených dat podle rovnice

$$D = \frac{\Delta m \cdot d \cdot R \cdot T}{S \cdot \tau \cdot M \cdot \Delta p_p}, \quad (5)$$

kde Δm je množství vodní páry prošlé vzorkem [kg], d tloušťka vzorku [m], S plocha vzorku [m^2], t časové období

odpovídající přenosu vodní páry Δm [s], Δp_p rozdíl částečných tlaků vodní páry ve vzduchu nad specifickým povrchem vzorku a pod ním [Pa], R univerzální plynová konstanta [$\text{J}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$], M molární hmotnost vody [$\text{kg}\cdot\text{mol}^{-1}$], T absolutní teplota [K].

Faktor difúzního odporu μ [-] byl poté vypočítán podle vztahu

$$\mu = \frac{D_a}{D}, \quad (6)$$

kde D_a je součinitel difúze vodní páry ve vzduchu.

Absorpční součinitel vody a průměrný součinitel vlhkostní vodivosti

Určení absorpčního součinitele vody A [$\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1/2}$] a průměrného součinitele vlhkostní vodivosti κ [$\text{m}^2\cdot\text{s}^{-1}$] probíhalo metodou založenou na měření časového průběhu nasákání v jednorozměrném experimentu [3]. Tato metoda je pro měkké materiály, jako je minerální vlna, velmi vhodná, protože je možné snadno zabránit deformaci vzorků během měření, což není snadné při určení součinitele vlhkostní vodivosti z vlhkostní profilů na tyčových vzorcích.

Absorpční součinitel vody byl určen na základě definičního vztahu

$$i = A\sqrt{t}, \quad (7)$$

kde i je kumulativní obsah vody [$\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$] a t čas.

Průměrný součinitel vlhkostní vodivosti byl poté určen na základě přibližného vztahu [4]

$$\kappa = \left(\frac{A}{\rho_{v,\max} - \rho_{v,0}} \right)^2, \quad (8)$$

kde $\rho_{v,\max}$ je vlhkost (hmotnost vody na objem porézního tělesa) v nasyceném stavu [$\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$], $\rho_{v,0}$ je počáteční vlhkost.

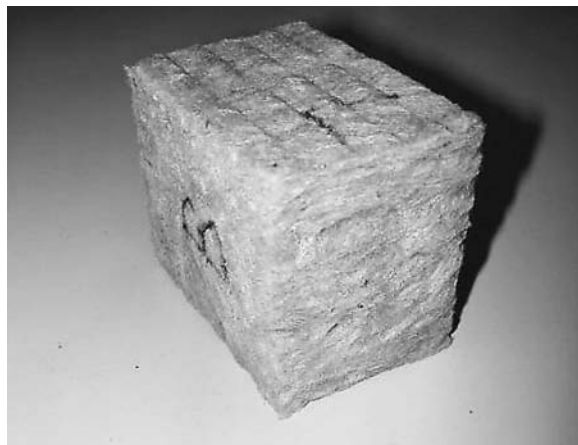
Materiály a vzorky

Materiály na bázi minerální vlny speciálně pro tyto účely vyrobila firma Rockwool CZ. První materiál s pracovním názvem DD se skládal ze dvou vrstev minerální vlny s rozdílnou objemovou hmotností. Vrstva tloušťky 7 cm, tvořená minerální vlnou nižší objemové hmotnosti (měkká vrstva DDS), byla během výroby spojena s vrstvou tloušťky 2 cm vyšší objemové hmotnosti (tvrdá vrstva DDH), viz *obr. 1*.



Obr. 1. Hydrofilní minerální vlna DD v průřezu, tvrdá vrstva DDH vlevo, měkká vrstva DDS vpravo

Vlákna obou vrstev byla rovnoběžná s povrchem desky. Druhý materiál, pracovníě označený PRG, měl vlákna na povrch izolační desky kolmá (*obr. 2*). Povrch vláken obou materiálů byl opatřen hydrofilní přísadou.



Obr. 2. Hydrofilní minerální vlna PRG – materiál s kolmými vlákny na stranu B



Obr. 3. Materiál DDH45 – vlákna šikmá s úhlem 450 ke směru difúzního toku

Vzorky pro určení součinitele vlhkostní vodivosti velikosti 50 x 50 x 20 mm byly vyříznuty z desek dodaných výrobcem. Nejmenší rozměr vzorku byl ve směru transportu vody. Pro měření difúze vodní páry byly použity vzorky \varnothing 110 mm a tloušťce 20 mm. Experimenty byly připraveny takovým způsobem, aby bylo možné studovat vliv orientace vláken.



Obr. 4. Materiál DDH90 – vlákna rovnoběžná se směrem difúzního toku

Pokud nebylo možné uříznout vzorek požadovaných rozměrů pro danou orientaci vláken, byl připraven slepením vrstev stejného materiálu s označením DDH45 (obr. 3) a DDH90 (obr. 4). Číslo označuje úhel směřování vláken ve vzorku vzhledem k původnímu povrchu izolačních desek. Pro každé měření bylo použito pět vzorků.

Výsledky a diskuze

Základní parametry studovaných materiálů jsou uvedeny v tab. 1. Rozdíly jejich objemové hmotnosti jsou dostatečně velké, takže představují možné výrobní limity. Pórovitost všech materiálů je vyšší než 90 %, jak bylo očekáváno pro tento typ materiálu. Hustota matrice přibližně souhlasí s typickými údaji pro čedič. Tabulka 2 ukazuje, že součinitel jejich tepelné vodivosti závisí v suchém stavu na objemové hmotnosti v relativně úzkém rozmezí. Vlhkost však podstatně ovlivňuje tepelnou vodivost všech sledovaných materiálů.

Tab. 1. Základní materiálové vlastnosti hydrofilních minerálních vln

Materiál	Objemová hmotnost	Hustota matrice	Pórovitost [%]
	[kg/m ³]		
DDH	210	2 540	93
DDS	90	2 540	96
PRG	60	2 697	95

Tab. 2. Součinitel tepelné vodivosti hydrofilních materiálů na bázi minerální vlny v závislosti na obsahu vlhkosti

Materiál	Obsah vlhkosti [kg/kg]	Součinitel tepelné vodivosti [W/mK]
DDH	0,0	0,047
DDH	2,5	0,097
DDH	2,7	0,104
DDS	0,0	0,043
DDS	2,5	0,127
PRG	0,0	0,036
PRG	4,3	0,230
PRG	10,5	0,390

Je zřetelné, že absorpční součinitel vody je velmi vysoký (tab. 3), přibližně o dva řády vyšší než pro běžnou cihlu, a dokonce vyšší než pro tak vysoce kapilárně aktivní materiály, jakými jsou např. pórobetony. To vytváří velmi dobré předpoklady pro aplikaci hydrofilních minerálních vln ve stavebnictví všude tam, kde jsou třeba materiály vysoce vodivé pro vodu. Tabulka 4 představuje průměrný součinitel vlhkostní vodivosti κ v závislosti na orientaci vláken. Pro materiál s vyšší hustotou DDH je κ nižší při rovnoběžné orientaci vláken se směrem povrchu desky než při kolmém směru vláken. To je očekávaný výsledek. Pro materiál s menší hustotou DDS byl ovšem pozorován opačný trend, což zřejmě souvisí s jeho menší hustotou, a tedy větší vzájemnou vzdáleností vláken. Materiál DDH s kolmou orientací vláken

vzhledem k povrchu desky má nejvyšší hodnotu κ ze všech zkoumaných materiálů a způsobí uspořádání, což je nepochybně důsledek nejvyšší prostorové hustoty vláken ve směru toku vlhkosti.

Tab. 3. Absorpční součinitel vody A [kg m⁻²s^{-1/2}] hydrofilních minerálních vln pro různou orientaci vláken vůči hladině vody při měření

Materiál	Rovnoběžná vlákna	Kolmá vlákna
DDH	3,48	4,06
DDS	3,72	2,09
PRG	–	3,25

Tab. 4. Průměrný součinitel vlhkostní vodivosti κ [m²s⁻¹] hydrofilních minerálních vln při různé orientaci vláken vzhledem k rovině desky

Materiál	Rovnoběžná vlákna	Kolmá vlákna
DDH	1,40E-05	1,91E-05
DDS	1,50E-05	4,74E-06
PRG	–	1,17E-05

Difúzní vlastnosti materiálů pro vodní páru představují tab. 5 a tab. 6. Faktory difúzního odporu získané metodou wet cup jsou vždy nižší (a součinitele difúze vodní páry vyšší) než hodnoty získané metodou dry cup, což je jev pozorovaný u mnoha jiných materiálů. Faktory difúzního odporu materiálů s rovnoběžnou orientací vláken se směrem difúzního toku jsou mírně vyšší než pro kolmou nebo šikmou orientaci vůči difúznímu toku pro materiály DDH a DDS. To může být částečně způsobeno přípravou vzorků, při níž bylo použito lepidlo s větším difúzním odporem (obr. 3, obr. 4). Objemová hmotnost minerálních vln difúzi vodní páry významně neovlivnila. Obecně lze konstatovat, že rozdíly mezi difúzními vlastnostmi pro vodní páru jsou většinou relativně nízké, na hranici chyby měření této metody. To je především zásluhou faktu, že přenos vodní páry je ve všech materiálech tak rychlý, že se snižuje relativní přesnost stanovení difúzních vlastností.

Tab. 5a. Parametry přenosu vodní páry hydrofilních minerálních vln při různé relativní vlhkosti vzduchu a při orientaci vláken kolmé k difúznímu toku

Materiál	Součinitel difúze vodní páry [m ² s ⁻¹]			Faktor difúzního odporu [-]		
	97/25 %	5/25 %	5/87 %	97/25 %	5/25 %	5/87 %
DDH	1,40E-05	6,30E-06	7,3 E-5	1,8	3,9	3,2
DDS	1,20E-05	6,25E-06	6,20E-06	1,9	3,7	3,8

Tab. 5b. Parametry přenosu vodní páry hydrofilních minerálních vln při různé relativní vlhkosti vzduchu a při rovnoběžné a šikmé orientaci vláken vůči difúznímu toku

Materiál	Součinitel difúze vodní páry [m ² s ⁻¹]			Faktor difúzního odporu [-]		
	97/20 %	5/31 %	5/89 %	97/20 %	5/31 %	5/89 %
DDH90	1,00E-05	2,70E-06	5,4 E-6	2,3	8,7	4,3
DDH45	1,1 E-5	5,7 E-6	4,5 E-6	2,0	4,0	5,1
PRG	1,6 E-5	5,5 E-6	5,30E-06	1,4	4,2	4,3

Závěr

Měření vlhkostních a tepelných parametrů hydrofilních minerálních vln s rovnoběžnou, kolmou nebo šikmou orientací vláken vzhledem k povrchu izolační desky ukázalo, že použití kolmých vláken naznačuje perspektivní cestu výzkumu. Vzhledem k tomu, že hlavní tok vlhkosti v tomto typu materiálu je kolmý na desku, měla by rovnoběžná orientace vláken vzhledem k toku vlhkosti urychlit transport kapalné vlhkosti. Jako pozitivní byla shledána možnost použití desek s vyšší hustotou vláken, především díky tomu, že tok vlhkosti roste s jejich prostorovou hustotou a na jejich povrchu je vázána podstatná část molekul vody v důsledku hydrofilní úpravy. Proti očekávání bylo zjištěno, že součinitel tepelné vodivosti ani faktor difúzního odporu vodní páry orientace vláken příliš neovlivní.

Článek vznikl za podpory projektu č. 106/04/0138 GA ČR.

Literatura

- [1] Pavlík, Z. – Jiříčková, M. – Černý, R.: Ověření funkčnosti vnitřního tepelné izolačního systému na bázi kapilárně aktivní minerální vlny. *Stavební obzor* 12(2003), 6–9.
- [2] Tydlitát, V. – Kunca, A. – Drchalová, J. – Černý, R. – Rovnaníková, P.: Tepelné a vlhkostní vlastnosti vápenné omítky s přísadou metakaolinu. *Stavební obzor* 12(2003), 122–125.
- [3] Jiříčková, M. – Mňahončáková, E. – Padevět, P. – Černý, R.: Základní mechanické, tepelné a vlhkostní parametry vysokohodnotného betonu. *Stavební obzor* 14(2005), 144–149.
- [4] Černý, R. – Poděbradská, J. – Drchalová, J.: Water and Water Vapor Penetration through Coatings. *Journal of Thermal Envelope and Building Science* 26(2002), 165–177

Michálek, P. – Pavlík, Z. – Tydlitát, V. – Černý, R.: Thermal and Hygric Properties of Hydrophilic Mineral Wool

New thermal insulation materials on hydrophilic mineral wool basis are presented in this paper, together with the measurements of their thermal and hygric properties. The measured data involve thermal conductivity, water vapour diffusion coefficient, water vapour diffusion resistance factor, water absorption coefficient and moisture diffusivity.

Michálek, P. – Pavlík, Z. – Tydlitát, V. – Černý, R.: Wärme- und feuchtigkeitstechnische Eigenschaften hydrophiler Mineralwollsorten

Im Artikel werden neue wärmedämmende Materialien auf Basis hydrophiler Mineralwolle und die Ergebnisse einer Prüfung ihrer wärme- und feuchtigkeitstechnischen Eigenschaften - des Rechenwerts der Wärmeleitfähigkeit, des Wasserdampf-Diffusionsleitkoeffizienten, der Wasserdampf-Diffusionswiderstandszahl, des Wasseraufnahmekoeffizienten und des Feuchtigkeitsleitkoeffizienten - vorgestellt.

• ČVUT



Čestný doktorát pro Shoichiro Toyodu



V roce 1952, po náhlé smrti svého otce p. Kiichiro Toyody, zakladatele firmy Toyota, se stal p. Shoichiro Toyoda ředitelem firmy Toyota Japan Motor Company. Během půlstoletí působení ve vedoucích pozicích firmy dokázal postupně přeměnit válkou silně zdevastovanou lokální firmu, stojící před krachem, v globální světovou jedničku v automobilovém průmyslu ovládajícím více než 10 % svě-

tového trhu, firmu s výrobními závody po celém světě včetně ČR. V padesátých letech dokázal vybudovat moderní závod, který začal poprvé v historii vyvážet japonské vozy do USA. Osobně se inženýrskou prací podílel na vývoji nejúspěšnějších modelů Corona, Corolla a Landcruiser.

V šedesátých letech, po analýze amerického trhu, se rozhodl ve firmě prosadit a zavést světoznámý, dnes již učebnicový systém „Total Quality Management“, který přinesl nevídané zvýšení kvality vozů a zahájil celojaponský trend směrem k absolutní kvalitě. Vozy s velmi nízkou spotřebou velmi rychle pronikly na americký trh, zejména v době ropné krize v sedmdesátých letech.

Dlouhodobou strategií Dr. Toyody bylo začít vyrábět vozy přímo u spotřebitele. V roce 1984 Toyota otevírá první z dnešních šesti výrobních závodů přímo v USA, a zahajuje tak éru budování výrobních kapacit po celém světě. Globalizace Toyoty je vlastně hlavním motem jeho celoživotního úsilí. Realizací své vize pak skutečně vytvořil učebnicový příklad citovaný od osmdesátých let ve všech moderních příručkách firemního managementu.

I přes vize globálního průmyslového lídra věnoval Dr. Toyoda značné úsilí výchově lidí a „zlidšťování“ výrobních procesů a vztahů. Cítí odpovědnost za proporcionální rozvoj lidstva. V často citovaném článku ve *Financial Times* (19.5.2003), který napsal společně s R. Rubinem a D. Straussem-Kahnem, se hlasitě staví za nezbytnost všestranné ekonomické podpory rozvoji zaostávajících ekonomik ze strany nejvyspělejších států včetně Japonska. Podporuje nejmodernější výzkumné trendy opírající se o vizi automobilu budoucnosti jako inteligentního robota poskytujícího maximální komfort a bezpečnost člověku. Neváhá výzkum v oblasti robotiky, strojového vnímání a inteligentního rozhodování financovat. Osobně se podílel na rozhodnutí vybudovat moderní závod TPCA v Kolíně.

Udělení čestného doktorátu ČVUT panu Dr. Toyodovi, který nesporně ovlivnil rozvoj průmyslové výroby v celosvětovém měřítku, bylo součástí programu „Czech – Japan Science and Technology Days“, které se pod záštitou vlád ČR a Japonska konaly v polovině května v Praze.

Tisková informace

Virtuální laserový skener

Ing. Martin ŠTRONER, Ph. D.
 ČVUT – Fakulta stavební
 Praha

V článku je prezentována knihovna tříd v C++ pro simulování funkce laserového skenovacího systému včetně modelování vlivu chyb přístroje na měření, která slouží k ověřování současně vyvíjených softwarů pro zpracování mračen bodů jako produktů měření laserových skenerů.

1. Úvod

V současné době je na Katedře speciální geodézie FSv ČVUT v rámci řešení projektu GA ČR „Zpracování a analýza produktů hromadného sběru 3D dat terestrickými skenovacími systémy“ č. 103/06/0094 řešena problematika automatizovaného zpracování mračen bodů získaných z měření laserových skenerů. Jedním ze základních kamenů řešení projektu je prokládání základních matematických ploch mračny bodů (fitting primitives). Základními plochami zde využívanými jsou rovina, koule, válec, kužel, eliptický válec, eliptický kužel a jejich proložení mračnem bodů je řešeno veřejnou knihovnou tříd SPATFIG [1]. Nejen pro její ověřování byla vytvořena knihovna tříd Virtual Laser Scanner (VLS) v programovacím jazyce C++, která umožňuje generovat mračno bodů včetně simulace chyb měření a nastavování směru laserového skeneru.

2. Matematický základ generátoru měření

Princip simulace měření spočívá v generování jednotlivých směrů měření ze stanoviska skeneru definovaných směrem a zenitovým úhlem vysílaného měřicího svazku paprsků a následně výpočet souřadnic průsečíku takto definované přímky s matematicky definovanou plochou. Plochy jsou definovány rovnicemi v kanonickém tvaru (1) – (6), $\alpha, \beta, \gamma, \delta, \rho$ jsou konstanty definující tvar a velikost plochy a X, Y, Z prostorové souřadnice bodu plochy.

- Rovina $\alpha \cdot X + \beta \cdot Y + \gamma \cdot Z + \delta = 0$. (1)

- Koule $X^2 + Y^2 + Z^2 - r^2 = 0$. (2)

- Kužel $X^2 + Y^2 - r^2 \cdot Z^2 = 0$. (3)

- Válec $X^2 + Y^2 - r^2 = 0$. (4)

- Eliptický kužel $\frac{X^2}{\alpha^2} + \frac{Y^2}{\beta^2} - Z^2 = 0$. (5)

- Eliptický válec $\frac{X^2}{\alpha^2} + \frac{Y^2}{\beta^2} - 1 = 0$. (6)

Pro výpočet průsečíku a také pro generování svazku směrů pro měření je vhodné přímku popsat rovnicemi:

$$\begin{aligned} X &= \cos(\sigma) \cdot \sin(z) \cdot d + A = a \cdot d + A, \\ Y &= \sin(\sigma) \cdot \sin(z) \cdot d + B = b \cdot d + B, \\ Z &= \cos(z) \cdot d + C = c \cdot d + C, \end{aligned} \quad (7)$$

kde σ je směrník přímky, z zenitový úhel, d vzdálenost od stanoviska a $[A, B, C]$ souřadnice stanoviska v pořadí X, Y, Z . Složky směrového vektoru lze pro zjednodušení dalších odvození označit a, b, c podle rovnic:

$$\begin{aligned} a &= \cos(\sigma) \cdot \sin(z), \\ b &= \sin(\sigma) \cdot \sin(z), \\ c &= \cos(z). \end{aligned} \quad (8)$$

Průsečík takto definované přímky s rovinou lze vypočítat dosazením rovnic (7) do rovnice (1) a jednoduchými úpravami získat vztah (9), neznámou je pouze vzdálenost

$$d = -\frac{\alpha \cdot A + \beta \cdot B + \gamma \cdot C + \delta}{\alpha \cdot a + \beta \cdot b + \gamma \cdot c}. \quad (9)$$

U ostatních ploch daných rovnicemi (2) až (6) stejný postup řešení vede ke kvadratické rovnici, jejíž kořeny jsou průsečíky přímky s plochou. Z hlediska skenování je důležité znaménko délky d , které musí být kladné, a hledaným průsečíkem s plochou je dále bližší bod z případné dvojice. Pro výpočet vzdálenosti průsečíků od počátečního bodu (stanoviska) lze použít následující rovnice.

- Koule

$$\begin{aligned} (a^2 + b^2 + c^2) d^2 + (2 \cdot A \cdot a + 2 \cdot B \cdot b + 2 \cdot C \cdot c) d + \\ + (A^2 + B^2 + C^2 - r^2) = 0. \end{aligned} \quad (10)$$

Vzhledem k definici a, b, c lze vztah (10) zjednodušit

$$d^2 + (2 \cdot A \cdot a + 2 \cdot B \cdot b + 2 \cdot C \cdot c) d + (A^2 + B^2 + C^2 - r^2) = 0. \quad (11)$$

- Kužel

$$\begin{aligned} (a^2 + b^2 - r^2 \cdot c^2) d^2 + (2 \cdot A \cdot a + 2 \cdot B \cdot b - r^2 \cdot 2 \cdot C \cdot c) d + \\ + (A^2 + B^2 - r^2 \cdot C^2) = 0. \end{aligned} \quad (12)$$

- Válec

$$(a^2 + b^2) d^2 + (2 \cdot A \cdot a + 2 \cdot B \cdot b) d + (A^2 + B^2 - r^2) = 0. \quad (13)$$

- Eliptický kužel

$$\left(\begin{array}{l} (\beta^2 \cdot a^2 + \alpha^2 \cdot b^2 - \alpha^2 \cdot \beta^2 \cdot c^2) d^2 + \\ + (\beta^2 \cdot 2 \cdot A \cdot a + \alpha^2 \cdot 2 \cdot B \cdot b - \alpha^2 \cdot \beta^2 \cdot 2 \cdot C \cdot c) d + \\ + (\beta^2 \cdot A^2 + \alpha^2 \cdot B^2 - \alpha^2 \cdot \beta^2 \cdot C^2) \end{array} \right) = 0. \quad (14)$$

- Eliptický válec

$$\left(\begin{array}{l} (\beta^2 \cdot a^2 + \alpha^2 \cdot b^2) d^2 + (\beta^2 \cdot 2 \cdot A \cdot a + \alpha^2 \cdot 2 \cdot B \cdot b) d + \\ + (\beta^2 \cdot A^2 + \alpha^2 \cdot B^2 - \alpha^2 \cdot \beta^2 \cdot r^2) \end{array} \right) = 0. \quad (15)$$

Pro simulaci měření však není vhodné použít plochy vždy v poloze, kdy je jejich osa totožná s osou Z souřadnicové soustavy, při skutečném měření budou měřena tělesa a plochy v obecné poloze. Pro výpočet je výhodné využít výše uvedených rovnic a skener natočit do požadované polohy pomocí rotačních matic.

2.1 Definice matic rotace prostorové transformace

Lineární transformace v n -rozměrném prostoru je (např. podle [2]) obecně dána rovnicí

$$\mathbf{X} = \mathbf{M} \cdot \mathbf{R} \cdot \mathbf{x} + \mathbf{T}, \quad (16)$$

kde \mathbf{x} , \mathbf{X} jsou vektory souřadnic v jedné a druhé soustavě (rozměr $(n, 1)$),

- \mathbf{M} – matice měřítkových koeficientů (n, n) ,
- \mathbf{R} – matice zobrazení (n, n) ,
- \mathbf{T} – vektor translací $(n, 1)$.

Ve třírozměrném prostoru lze jednotlivé matice blíže definovat rovnicemi

$$\mathbf{X} = \begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix}, \mathbf{x} = \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix}, \mathbf{T} = \begin{pmatrix} T_x \\ T_y \\ T_z \end{pmatrix}, \mathbf{M} = \begin{pmatrix} m_x & 0 & 0 \\ 0 & m_y & 0 \\ 0 & 0 & m_z \end{pmatrix},$$

$$\mathbf{R} = \begin{pmatrix} r_{1,1} & r_{1,2} & r_{1,3} \\ r_{2,1} & r_{2,2} & r_{2,3} \\ r_{3,1} & r_{3,2} & r_{3,3} \end{pmatrix}. \quad (17)$$

V případě, že transformace je lineární, matice zobrazení \mathbf{R} musí být v uvedených vztazích pouze maticí rotace, a tedy je dána součinem elementárních rotací podle jednotlivých os $\mathbf{R}_x(\omega)$, $\mathbf{R}_y(\varphi)$, $\mathbf{R}_z(\kappa)$ (18). Matice měřítkových koeficientů se vzhledem k charakteru výpočtů dále neuplatní.

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

$$\mathbf{R}_y(\varphi) = \begin{pmatrix} \cos(\varphi) & 0 & -\sin(\varphi) \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin(\varphi) & 0 & \cos(\varphi) \end{pmatrix}, \quad (18)$$

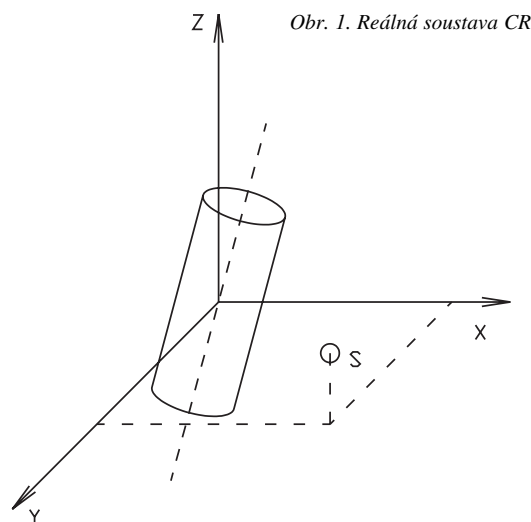
$$\mathbf{R}_z(\kappa) = \begin{pmatrix} \cos(\kappa) & \sin(\kappa) & 0 \\ -\sin(\kappa) & \cos(\kappa) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}.$$

Záleží na pořadí, ve kterém se elementární rotační matice násobí. Dále je použita rovnice

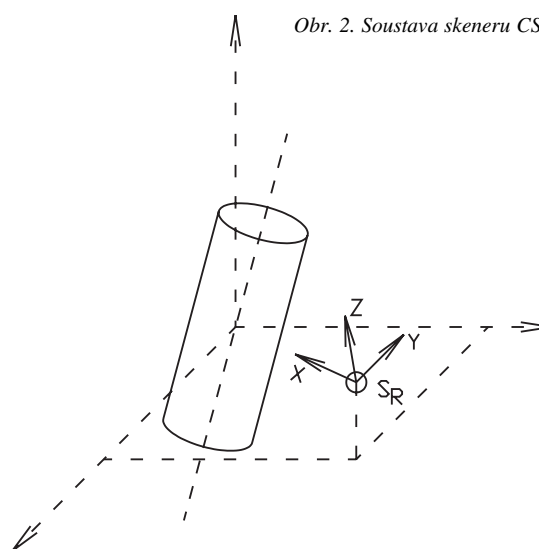
$$\mathbf{R} = \mathbf{R}_x(\omega) \cdot \mathbf{R}_y(\varphi) \cdot \mathbf{R}_z(\kappa). \quad (19)$$

3. Princip generování bodů

Pro generování měření je třeba znát konstanty definující plochu (např. poloměr r pro válec), souřadnice stanoviska S [X_s, Y_s, Z_s], úhly otočení kolem jednotlivých os ω, φ, κ sloužící k naklonění plochy, směrodatnou odchylku nastavení směru a svislého úhlu při skenování, směrodatné odchylky měření směru, svislého úhlu a délky a také rozmezí a krok skenování pro vodorovný směr a svislý úhel. Vzhledem k tomu, že jde o matematický model, je třeba také definovat maximální vzdálenost, kterou skener změří.

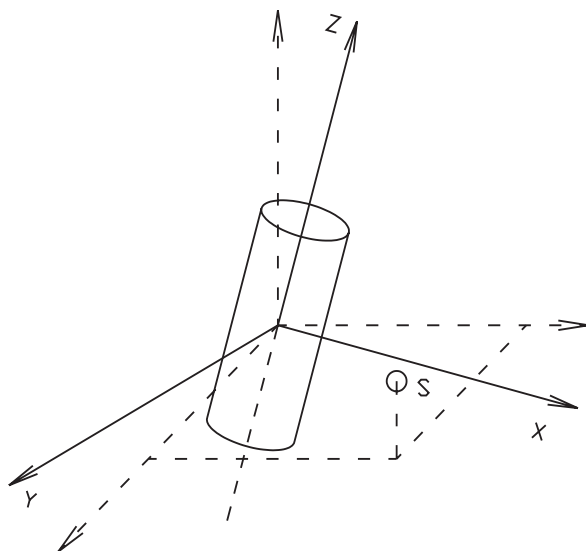


Obr. 1. Reálná soustava CR



Obr. 2. Soustava skeneru CS

Zadané hodnoty jsou v reálné soustavě C_R , ve výpočtu však budou figurovat ještě další dvě soustavy, a to soustava skeneru C_S a soustava svislé plochy C_p . Na obrázcích 1, 2 a 3 je pro názornost jako plocha zobrazen válec. V soustavě skeneru C_S se generují směry a svislé úhly v zadaném kroku a intervalu. Výpočet vzdálenosti průsečíku od skeneru je třeba provést v soustavě „svislé plochy“ C_p a výslednou polohu vypočítat v soustavě C_R .



Obr. 3. Soustava svislé plochy CP

Matice rotace pro transformaci mezi soustavou C_S a soustavou C_R závisí na tom, kam má „osa záběru“ skeneru, tedy nulový vodorovný směr a svislý úhel velikosti 100 gon, směřovat. Jednou z možností je, aby tento „nulový směr“ byl od stanoviště skeneru do počátku souřadné soustavy C_R . Z obrázky 2 vyplývá, že se uplatní pouze elementární rotace $\mathbf{R}_Y(\varphi)$ a $\mathbf{R}_Z(\kappa)$. Vztah je definován tak, že vektor $(1, 0, 0)$ v soustavě C_S je třeba přetransformovat do soustavy C_R , kde má tvar $(X_S/d, Y_S/d, Z_S/d)$, kde d je vzdálenost stanoviště – počátek soustavy souřadnic.

$$\begin{pmatrix} \cos(\varphi) \cdot \cos(\kappa) & \cos(\varphi) \cdot \sin(\kappa) & -\sin(\varphi) \\ -\sin(\kappa) & \cos(\kappa) & 0 \\ \sin(\varphi) \cdot \cos(\kappa) & \sin(\varphi) \cdot \sin(\kappa) & \cos(\varphi) \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} =$$

$$= \begin{pmatrix} -X_S/d \\ d \\ -Y_S/d \\ d \\ -Z_S/d \\ d \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x_S \\ y_S \\ z_S \end{pmatrix}, \quad (20)$$

$$d = \sqrt{X_S^2 + Y_S^2 + Z_S^2}. \quad (21)$$

Ze vztahu (20) vyplývají vzorce (22), ze kterých lze spočítat rotace φ a κ .

$$\begin{aligned} x_S &= \cos(\varphi) \cdot \cos(\kappa), \\ y_S &= -\sin(\kappa), \\ z_S &= \sin(\varphi) \cdot \cos(\kappa). \end{aligned} \quad (22)$$

Druhou možností je tvar vektoru v soustavě C_R $(X_S/d, Y_S/d, 0)$, který zajistí vodorovnou záměru nulového směru. Výpočet je totožný s již uvedeným postupem, pouze úhel $\varphi = 0$.

4. Generování bodů

Výsledkem předchozích odvození jsou matice rotace. Matice \mathbf{R}_S slouží k transformaci mezi soustavou skeneru C_S a soustavou skutečnosti C_R a určí se ze vzorců (21), \mathbf{R}_P k trans-

formaci do C_R ze soustavy svislé plochy C_P (protože definuje náklony plochy ze svislé polohy do obecné). Jednotlivé kroky generování jsou dále uvedeny, změny a chyby měření charakteru normálního rozdělení jsou vytvářeny pomocí generátoru popsaného v odst. 5.4.

Přípravná část

1. Vytvoření matice \mathbf{R}_S .
2. Vytvoření matice \mathbf{R}_P .
3. Výpočet souřadnic stanoviště v C_P , $X_P = \mathbf{R}_P^T \cdot X_S$.

Generování (pro každý bod)

1. Určení směru H_{Z_i} , zenitového úhlu Z_i v soustavě C_S .
2. Oprava H_{Z_i} a Z_i o nepřesnost nastavení, ${}^\circ H_{Z_i} = H_{Z_i} + \delta_{H_{Z_i}}$ a ${}^\circ Z_i = Z_i + \delta_{Z_i}$.
3. Výpočet směrového vektoru (a, b, c) podle (8).
4. Transformace směrového vektoru (a, b, c) do soustavy C_R a následně do soustavy C_P .

$$\begin{pmatrix} a_P \\ b_P \\ c_P \end{pmatrix} = \mathbf{R}_P^T \cdot \mathbf{R}_S \cdot \begin{pmatrix} a \\ b \\ c \end{pmatrix}.$$

5. Výpočet průsečíku polopřímky s plochou, počátek v bodě X_P , směrový vektor a_R, b_R, c_R . Výsledkem je vzdálenost d_i .
6. ${}^\circ H_{Z_i}, {}^\circ Z_i$ a d_i jsou změněny o chyby měření. Dosazením do vzorců (8) se vypočte směrový vektor $({}^\circ a, {}^\circ b, {}^\circ c)$, které se přetransformují do C_R .

$$\begin{pmatrix} {}^\circ a_R \\ {}^\circ b_R \\ {}^\circ c_R \end{pmatrix} = \mathbf{R}_S \cdot \begin{pmatrix} {}^\circ a \\ {}^\circ b \\ {}^\circ c \end{pmatrix}.$$

7. Výpočet souřadnic bodu průsečíku soustavě C_R s využitím $({}^\circ a, {}^\circ b, {}^\circ c)$ a X_S .

5. Dostupné třídy a metody

Knihovna virtuálního laserového skeneru obsahuje řadu tříd a struktur, které však uživatel nepotřebuje znát. Důležitější jsou dále uvedené třídy.

5.1 Třída skener

Zastřešuje celý proces, při generování se řídí vše jejím prostřednictvím. Rozhraní obsahuje kromě konstruktoru a destruktoru funkce pro definici parametrů skenování (souřadnice stanoviště, intervaly a krok skenování pro horizontální směr a zenitový úhel, maximální dosah dálkoměru skeneru), funkce pro definici přesností týkajících se měření (nastavení měření vodorovného směru a zenitového úhlu skenerem, přesnost měření vodorovného směru, zenitového úhlu a délky), parametrů náklonu plochy (rotace kolem jednotlivých os souřadnicové soustavy ω, φ, κ). Obsahuje rovněž funkce pro simulaci skenování, jejichž výsledkem je seznam souřadnic skenovaných bodů uskladených v objektu třídy *pstore*.

5.2 Třída pstore

Slouží k uskladnění a předání výsledku skenování uživateli. Umožňuje náhodný přístup k předávaným souřadnicím a také uložení bodů do textového souboru.

5.3 Třída normgen

Je součástí třídy *skener* a zajišťuje generování normované náhodné veličiny se směrodatnou odchylkou $\sigma = 1$ a střední hodnotou $E(x) = 0$ pomocí vzorce (22) zjednodušeného

pro počet opakování $n = 12$ na vzorec (23). Využívá se zde centrální limitní věty teorie pravděpodobnosti, podle níž má součet n nezávislých náhodných veličin rozdělení asymptoticky normální.

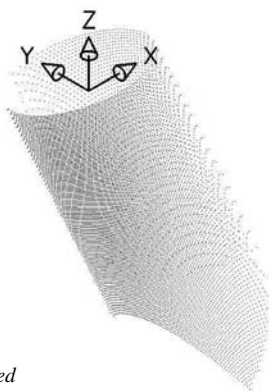
$$x = \sqrt{\frac{12}{n}} \left(\sum_{j=1}^n C_j - 0,5 \cdot n \right), \quad (22)$$

$$x = \sum_{j=1}^{12} C_j - 6, \quad (23)$$

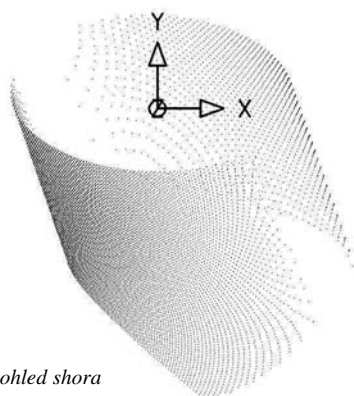
kde C_j mají rovnoměrné rozdělení $\langle 0; 1 \rangle$.

6. Příklad generování pro eliptický válec

Na obrázcích 4 až 7 je demonstrován výsledek virtuálního skenování válce s eliptickou podstavou, jejíž hlavní poloosa měří 50 m, vedlejší 25 m, náklony objektu podle jednotlivých os jsou $\omega = 30$ gon, $\varphi = 10$ gon, $\kappa = 0$ gon. První skenování bylo provedeno ze stanoviska o souřadnicích [100, 100, 10] s krokem 1 gon jak pro vodorovný směr, tak pro zenitový úhel, druhé skenování ze stanoviska o souřadnicích [-100, -100, 10] s krokem 0,5 gon jak pro vodorovný směr, tak pro zenitový úhel.



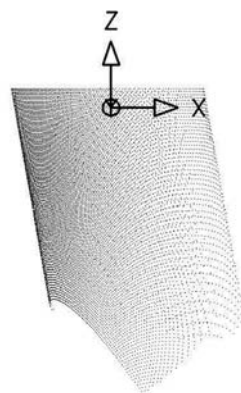
Obr. 4. Izopohled



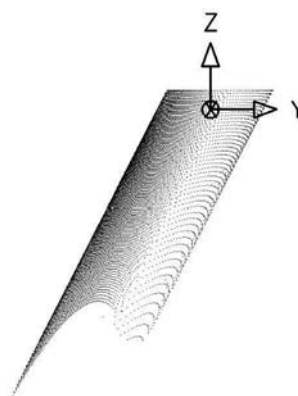
Obr. 5. Pohled shora

Závěr

Knihovna virtuálního laserového skeneru umožňuje simulovat měření laserovým skenerem na rovinu, kouli, válec, kužel, eliptický válec a eliptický kužel v obecné poloze se simulací chyb měření a nastavování směru laserového skeneru. Předpokládá se doplnění dalších ploch a také vývoj algoritmu pro skenování dvou a více ploch a jeho včlenění do knihovny.



Obr. 6. Pohled zepředu



Obr. 7. Pohled zprava

Zpracováno v rámci projektu č. 103/06/0094 GA ČR „Zpracování a analýza produktů hromadného sběru 3D dat terestrickými skenovacími systémy“.

Literatura

- [1] Koska, B. – Štroner, M. – Pospíšil, J.: The Result Presentation of the Development of Laser and Optic Rotating Scanner LORS and Introduction of Public Library of Classes and Functions SPAT-FIG. In: Optical 3-D Measurement Techniques. Wien: Vienna University of Technology, 2005.
- [2] Pavelka, K. – Štroner, M.: Lineární prostorová transformace. Geodetický a kartografický obzor, 47, 2001, č. 3, s. 233–235.
- [3] Olehla, M. – Věchet, V. – Olehla, J.: Řešení úloh matematické statistiky ve Fortranu. Praha, NADAS 1982.

Štroner, M.: Virtual Laser Scanner

This paper presents a library of classes in C++ for the simulation of the function of a laser scanning system, including the modelling of the effect of errors of the device on measurements, used for testing simultaneously developed softwares for the processing of point clusters as measurement products of laser scanners.

Štroner, M.: Virtueller Laserscanner

Im Artikel wird eine Bibliothek von Klassen in C++ zur Simulation der Funktion eines Laserscannsystems einschließlich Modellierung des Einflusses von Fehlern des Instruments auf die Messung vorgestellt, die zum Testen von gleichzeitig entwickelten Softwares zur Bearbeitung von Punktescharen als Produkte der Messung von Laserscannern dient.

Věra Peterková, CSc.

STRUČNÝ TEMATICKÝ SLOVNÍK

anglicko-český

ekologie a životní prostředí

4. téma - odpad, odpadky

Waste

amount	množství, míra, rozsah	decontamination	dekontaminace, odmoření, asanace
a. of waste	množství odpadu	degradable	odbouratelný, rozložitelný
ash	popel, popelovina	dioxin-laced waste	odpad(y) znečištěný(é) dioxiny
a. disposal	odvoz popela	disposable, syn. throwaway	na jedno použití
a. dump	skládkka popela	d. bottle	nevratná láhev
ashes	popel	d. packaging	nevratný obal, jednorázový obal
ash-free	bez popela, bezpopelový	disposal	skládání, ukládání; likvidace, zneškodňování, odstraňování
ashheap	smetiště	d. site, syn. waste d. site	skládkka; úložiště odpadů
biodegradable	biodegradabilní, biologicky odbouratelný, rozložitelný	dump	skládkka, smetiště, hromada odpadků
b. products	biologicky rozložitelné produkty	open d.	otevřená, nezakrytá skládkka
biodegradation	biologická degradace, biodegradace	environmentally friendly product	výrobek ohleduplný k ŽP
biological	biologický	generation	tvorba, vytváření, produkce
b. self-cleaning	biologické samočištění	waste g.	vytváření, produkce odpadu
b. treatment	biologické zpracování (odpadů), biologická úprava, čištění (odpadních vod)	hazardous waste	nebezpečný odpad
bioremediation, syn. biological remediation	biologická sanace, biologická dekontaminace	incinerate	spálit, spalovat
biphenyl, syn. diphenyl	bifenyl	incinerator	spalovna, spalovací pec
burden	zátěž	landfill	skládkka
environmental b.	ekologická zátěž, zátěž ŽP	landfilling	skládání
clean	čistý; vyčistit	leachate	průsak ze skládky; výluh
c. disposal	čisté zneškodnění	low-waste technology	nízkoodpadová, malooodpadová technologie
c. production	čistá výroba	management	hospodářství, hospodaření; správa, řízení
cleaning	čištění; sanace	waste m.	odpadové hospodářství; nakládání s odpady
c. technology	čisticí technologie, postup	municipal	městský, obecní, komunální
clean-up, syn. cleaning up	vyčištění; sanace	m. solid waste (MSW)	tuhý komunální odpad
c. efforts	čisticí práce	non-biodegradable	biologicky neodbouratelný
c. measure	sanační, nápravné opatření	non-degradable	neodbouratelný
collection	sběr, shromažďování	non-recyclable wastes	nerecyklovatelné odpady
waste c.	sběr odpadu, svoz odpadu	packaging	obal, obalový materiál
collecting point	sběrna, sběrné místo	returnable p.	vratný obal
combustion	spalování; hoření	reusable p.	znovu použitelný obal
c. of waste gas	spalování odpadních plynů	PCB(s) – polychlorinated biphenyl(s)	polychlorovaný(é) bifenyl(y)
composting	kompostování	PET– polyethylene terephthalate	PET – polyethylentereftalát
waste c.	kompostování odpadu	PET bottle	PET láhev
contain	obsahovat, zahrnovat	prevention of waste production	zamezení produkce odpadu
container	kontejner, nádoba, nádrž	purification	čištění
collection c.	sběrná nádoba	p. plant	čistička, čistírna, čisticí zařízení
decay	hnít, rozklad, rozpad; hnít, rozkládat se, rozpadat se		

recover	znovu získat, obnovit, regenerovat
recycle	recyklovat
recycled materials	recyklované materiály
reduction	snížení, zmenšení, redukce
r. of waste production, syn. abatement of waste	omezení produkce odpadu
regeneration	regenerace, obnovení, oživení
r. of spent solvents	regenerace použitých ředidel
replacement	náhrada
reprocess	znovu zpracovat
risk	riziko
secondary raw material	druhotná surovina
self-purification	samočištění
separation	separace, oddělování; třídění
waste s. systém	systém tříděného odpadu
sewage	odpadní voda, splašky
s. disposal	čištění odpadních vod
single-use	na jedno použití, jednorázový
s.-u. PET bottles	PET láhve na jedno použití
sorting of plastic waste	třídění plastového odpadu
storage	skladování, uložení; zásoba
technology	technologie, postup úpravy
waste free t-ies	bezodpadové technologie

unsorted	netříděný
untreated	neupravený, nečištěný, nezpracovaný
used glass	skleněný odpad, sběrové sklo
used oil, syn. waste oil	použitý olej, vyjetý olej
used paper	starý papír, sběrový papír
user	uživatel; spotřebitel, konzument
waste, syn. refuse, garbage (AM), trash, rubbish, litter	odpad, odpadky
w. charges	poplatky za odpad
w. site	skládka
demolition w.	stavební odpad, suť
hospital w., syn. medical w.	nemocniční odpad
household w.	domovní odpad(ky)
municipal w.	komunální, městský, obecní odpad
radioactive w.	radioaktivní odpad
sludge w.	kapalný odpad, splašky
wastewater, též: waste water, syn. sewage	odpadní voda, splašky
w. detoxication	detoxikace odpadních vod
w. disinfection	dezinfekce odpadních vod
w. disposal	zneškodňování odpadních vod
w. drainage	odvádění odpadních vod
w. levy	poplatek za vypouštění odpadních vod

Literatura

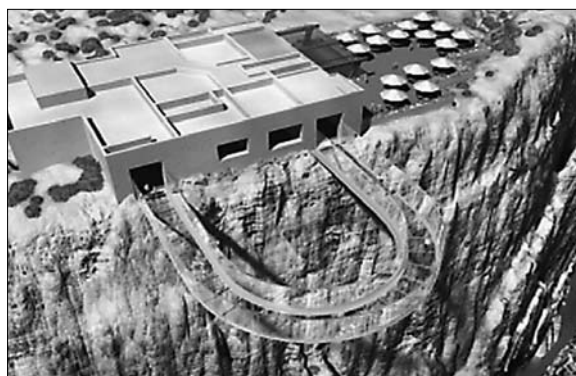
- [1] Europe's Environment – The Dobříš Assessment. EEA Copenhagen 1995.
- [2] Jilemnická, L. – Johnová, J. – Nivenová, R. – Peterková, V.: English Reader for Civil Engineering (Environmental Issues). Praha, ČVUT 2004.
- [3] Křivka, P. – Růžička, J.: Odborný slovník anglicko-český a česko-anglický. Ekologie a ochrana životního prostředí. Praha, Loxia 1999.
- [4] Hájková, J. a kol.: Anglicko-český a česko-anglický slovník ekologie a životního prostředí. Praha, Fontána 1998.
- [5] Fronek, J.: Anglicko-český slovník s nejnovějšími výrazy. Praha, Leda 1996.
- [6] Fronek, J.: Velký česko-anglický slovník. Praha, Leda 2000.
- [7] Elman, J. – Michalčík, V.: Anglicko-český technický slovník. Praha, Sobotáles 1998.

• zprávy

Most celý ze skla povede nad Grand Canyonem

Procházkou vzduchem po skleněném mostě budou moci okusit návštěvníci Grand Canyonu v USA už letos. Více než kilometr nad dnem Grand Canyonu, přesně ve výšce 1 154 m, totiž společnost Lochsa Engineering postaví skleněný vyhlídkový most. Bude vysutý z vrcholku skály a díky tvaru podkopy budou oba jeho konce ústít na stejné straně. Nejvzdálenější část mostu bude od skály 20 m, ve volném prostoru.

Most bude uchycen na 94 kovových tyčích zavrtaných 14 m hluboko do vápencového masivu. Několikanásobně předimenzovaná konstrukce počítá s nosností až 70 t, maximální počet návštěvníků bude ovšem omezen na 120 lidí najednou. Grand Canyon je klimaticky velmi náročné místo, větry s rychlostí kolem 150 km/h zde nejsou nic ojedinělého. Nároky na uchycení a odolnost mostu jsou tedy obrovské. O tlumení vibrací se starají tři 1,5tunové tlumiče, které kmitem v protifázi vyruší pohyby způsobené lidmi na mostě a případnými nárazy větru. Návštěvníka bude od okolního světa, a



především hluboké propasti pod ním, dělit pouze 8 cm (přesně 7,6 cm) tlusté bezpečnostní sklo. Skleněná bude i podlaha, boční zdi a strop.

STAVEBNÍ OBZOR

ROČNÍK 15 ČÍSLO 07/2006

Navigace v dokumentu

OBSAH

Šoukalová, G. – Pechal, A. – Konečný, V. Hraniční most – spojení dálnic D8 a A17	193
Makovička, D. – Makovička, D. Odezva konstrukce budovy a ohrožení jejích obyvatel výbuchem plynu	197
Mňahončáková, E. – Tesárek, P. – Padevět, P. – Toman, J. – Černý, R. Vlastnosti cementových kompozitů vyztužených skleněnými vlákny po tepelném namáhání	203
Zuda, L. – Černý, R. – Rovnaníková, P. – Rovnaník, P. Tepelné vlastnosti kompozitního materiálu na bázi alkalicky aktivované strusky s elektroporcelánem za vysokých teplot	207
Ficenec, J. Stavebně fyzikální hledisko napadení kontaktních zateplovacích systémů řasami	211
Suchá, J. – Línková, L. Sledování svislých posunů ZUŠ v Mostě	217
Michálek, P. – Tydlitát, V. – Černý, R. Možnosti použití hydrofilních minerálních vln pro vysušování a odsolování zdiva	220

7 • 2006

ročník 15

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

Šoukalová, G. – Pechal, A. –
Konečný, V.

**Hraniční most
– spojení
dálnic D8 a A17** 193

Makovička, D. – Makovička, D.

**Odezva konstrukce
budovy a ohrožení
jejích obyvatel výbuchem
plynu** 197

Mňahončáková, E. – Tesárek, P. –
Padevět, P. – Toman, J. – Černý, R.

**Vlastnosti cementových
kompozitů vyztužených
skleněnými vlákny
po tepelném namáhání** ... 203

Zuda, L. – Černý, R. –
Rovnaníková, P. – Rovnaník, P.

**Tepelné vlastnosti kompozit-
ního materiálu na bázi alkalické
aktivované strusky s elek-
troporcelánem za vysokých
teplot** 207

Ficenec, J.

**Stavebně fyzikální
hledisko napadení kontakt-
ních zateplovacích systémů
řasami** 211

Suchá, J. – Línková, L.

**Sledování
svislých
posunů
ZUŠ v Mostě** 217

Michálek, P. – Tydlitát, V. – Černý, R.

**Možnosti použití
hydrofilních minerálních
vln pro vysušování
a odsolování zdiva** 220

CONTENT

Šoukalová, G. – Pechal, A. –
Konečný, V.

**Border Bridge
Connecting Motorways
D8 and A17** 193

Makovička, D. – Makovička, D.

**Response of a Building
Structure and Danger to its
Inhabitants Induced by Gas
Explosion** 197

Mňahončáková, E. – Tesárek, P. –
Padevět, P. – Toman, J. – Černý, R.

**Properties of Glass
Fibre Reinforced Cement
Composites after Thermal
Load** 203

Zuda, L. – Černý, R. –
Rovnaníková, P. – Rovnaník, P.

**Thermal Properties of a Com-
posite Material on the Basis
of Alkali Activated Slag with
Electrical Porcelain at High
Temperatures** 207

Ficenec, J.

**Building Physics Aspects of
Algae Attack of External Ther-
mal Insulation Composite
Systems with Rendering** .. 211

Suchá, J. – Línková, L.

**Monitoring
of Vertical Shifts
of the Primary Art
School in Most** 217

Michálek, P. – Tydlitát, V. – Černý, R.

**Application Potential of
Hydrophilic Mineral Wools for
Drying and Desalination of
Masonry** 220

INHALT

Šoukalová, G. – Pechal, A. –
Konečný, V.

**Grenzbrücke als Verbindung
der Autobahnen
D8 und A17** 193

Makovička, D. – Makovička, D.

**Reaktion der Konstruktion
eines Gebäudes und die Ge-
fährdung seiner Bewohner durch
eine Gasexplosion** 197

Mňahončáková, E. – Tesárek, P. –
Padevět, P. – Toman, J. – Černý, R.

**Eigenschaften von glasfaser-
bewehrten Zementkomposita
nach einer Wärmebeanspru-
chung** 203

Zuda, L. – Černý, R. –
Rovnaníková, P. – Rovnaník, P.

**Wärmetechnische Eigenschaften
eines Kompositmaterials auf Basis
alkalisch aktivierter Schlacke
mit Elektroporzellan bei
hohen Temperaturen** 207

Ficenec, J.

**Bauphysikalischer Aspekt
der Veralgung
von Wärmedämm-
verbundsystemen** 211

Suchá, J. – Línková, L.

**Beobachtung der vertikalen
Verschiebungen der Künst-
lerischen Grundschule in
Most** 217

Michálek, P. – Tydlitát, V. – Černý, R.

**Möglichkeiten des Einsatzes
von hydrophilen Mineralwollen
zur Trockenlegung und Entsalz-
ung von Mauerwerk** 220

REDAKČNÍ RADA

Předseda:

prof. Ing. Jiří STUDNIČKA, DrSc.

Místopředseda:

doc. Ing. Alois MATERNA, CSc.

Členové:

doc. Ing. Pavel HÁNEK, CSc.

doc. Ing. Vladimír JELÍNEK, CSc.

Ing. Jiří KALA, Ph. D.

Ing. Jana KORYTÁROVÁ, Ph. D.

Ing. Karel KUBEČKA

doc. Ing. Ladislav LAMBOJ, CSc.

doc. Ing. Ivan MOUDRÝ, CSc.

doc. Ing. Jaroslav NOVÁK, CSc.

doc. Ing. Luděk NOVÁK, CSc.

doc. Ing. Miloslav PAVLÍK, CSc.

prof. Ing. J. PROCHÁZKA, CSc.

Ing. Vlastimil ROJÍK

Ing. Karel SVOBODA

doc. Dr. Ing. Miloslav ŠLEZINGR

Ing. Milan ŠMAK, Ph. D.

Ing. Ludvík VĚBR, 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 sazby 28. 7. 2006. Nevyžádané rukopisy se nevracejí.

INDEX 47 755, ISSN 1210-4027

STAVEBNÍ OBZOR

ROČNÍK 15

ČÍSLO 7/2006

Hraniční most – spojení dálnic D8 a A17

Ing. Gabriela ŠOUKALOVÁ
FIRESTA-Fišer, a. s., Brno

Ing. Antonín PECHAL, CSc.
Ing. Vojtěch KONEČNÝ
Projektové a inženýrské služby, s. r. o., Brno

Článek popisuje postup výstavby spráženého ocelobetonového komorového mostu se šesti poli o rozpětí 58,4 + 4 x 73,0 + 58,4 m na pilířích výšky až 51 m, který spojuje českou dálnici D8 s německou dálnicí A17 přes hluboké údolí Hraničního potoka v Krušných horách.

o jednu stavební sezónu, celý most – deset pilířů vysokých až 51 m a dvě nosné ocelobetonové konstrukce délky cca 410 m – musely být hotovy za dvě stavební sezóny. Při volbě technologie bylo nutné skloubit časové nároky objednatele, technické parametry českého a německého objednatele včetně přísných ekologických podmínek vyplývajících z polohy staveniště v pásmu hygienické ochrany vodního zdroje Gottleuba.

Úvod

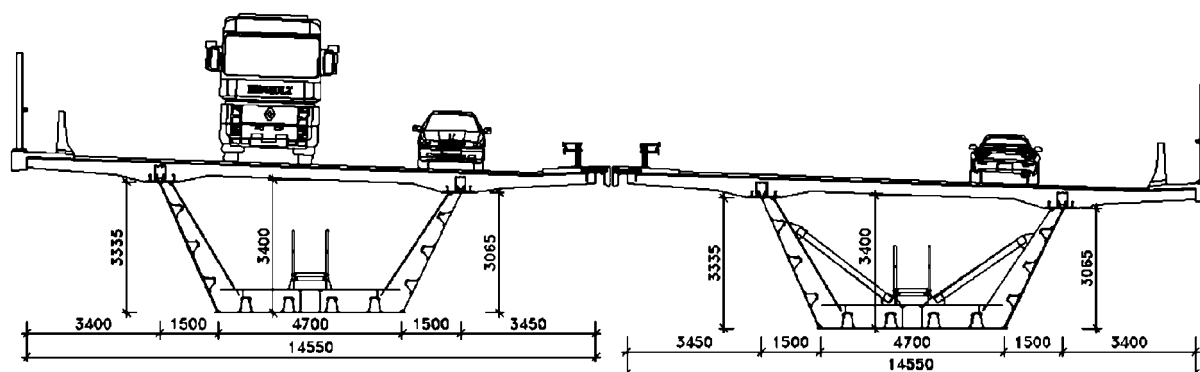
Nový most tvoří přirozenou hranici mezi ČR a SRN. Symbolicky jím plynule překračujeme státní hranici a pokračujeme po dálnici A17 do Drážďan. Pro překonání údolí byla zvolena spojitá trémová ocelobetonová konstrukce sestávající z ocelového truhlíku a železobetonové desky. Každý dopravní směr je veden po samostatné nosné konstrukci – levá je delší, pravá díky směrovému oblouku komunikace o poloměru 1 750 m kratší. Most, projektovaný pro zatěžovací třídu A podle českých norem, je kolmý s podélným sklonem částečně 0,5 %, částečně v údolnicovém oblouku. Výška nosné konstrukce v ose je 3,7 m (obr. 1).

Výběr zhotovitele díla v roce 2004 posunul zahájení stavebních prací až do roku 2005. Termín zprovoznění mostu, podzim roku 2006, je dán mezinárodními dohodami v návaznosti na zprovoznění úseku dálnice na německém území – trasy A17 do Drážďan. Doba výstavby byla tedy zkrácena

Technické řešení

Založení opěr a pilířů je plošné, kromě dvou nejvyšších (P4, P5), založených na velkopříměrových pilotách \varnothing 1 200 mm, u většiny pilot v kombinaci s mikropilotami. Průzkum prokázal složité geologické poměry, proplástky horniny R2, pod nimiž se měly nacházet horniny výrazně horších parametrů. Vzhledem k tomu bylo zvoleno speciální hlubinné založení. Předem byly stanoveny podmínky pro kombinaci s mikropilotami. V případě kombinace se při vrtání velkopříměrové piloty, po dosažení nevrtebných hornin, osadily do piloty tři ocelové trubky a pilota se zabetonovala. Trubky sloužily jako chráničky pro vrtání mikropilot. Přes první chráničku byl proveden vrt jako dodatečný průzkum podloží.

Podle jeho geologického profilu bylo pak rozhodnuto o nutnosti mikropilot u zbylých dvou chrániček, nebo zda budou trubky pouze injektovány. Mikropiloty slouží rovněž k přikotvení velmi namáhaných pilířů ve složité geologii, na jejíž proměnlivost ukazuje i skutečnost, že nejkratší pilota měří 1,2 m a nejdelší 18,6 m.



Obr. 1. Příčný řez mostem

Spodní stavba sestává ze dvou opěr a pěti pilířů pro každou nosnou konstrukci. Masivní železobetonové opěry jsou včetně základu a závěrné zidky vysoké až 15 m. Dřík opěr, vysoký téměř 8 m, byl betonován najednou. Závěrné zidky a křídla budou dobudovány až po výsunu ocelové konstrukce. Duté železobetonové pilíře konstantního průřezu jsou průřezné, vyztužené prefabrikovanými stropy po 5 m. Stropy staticky slouží zároveň jako výztuhy a při výstavbě tvoří podpory vnitřního bednění. Nejvyšší je pilíř č. 4, který měří bez základu necelých 51 m. Pro jejich výstavbu byla zvolena metoda šplhavého bednění (obr. 2).



Obr. 2. Výstavba jednoho z pilířů

Příčný řez nosné konstrukce je tvořen ocelovou dolní pásnicí (šířky 4 850 mm, tl. 18 až 55 mm) a šikmými ocelovými stěnami tl. 18 až 26 mm v horní části a 20 až 30 mm v dolní části. Dolní část stěny je kvůli podélnému zásunu zesílena. Ke stěnám jsou přivařeny horní pásnice šířky 800 mm a tl. 30 až 130 mm (nejtlustší jsou složeny ze dvou plechů 70 a 60 mm). Minimální tloušťku mají průřezy v polích, maximální průřezy nad pilíři. Horní pásnice jsou sprážená trny \varnothing 22 mm, délky 150 a 200 mm s železobetonovou deskou mostovky, která tak uzavírá průřez do komorového tvaru. Stěny a dolní pásnice komory jsou vyztuženy systémem podélných a příčných výztuh. Příčné výztuhy otevřeného průřezu T se stěnou tl. 12 mm a pásnicí 16 x 300 mm jsou rozmístěny po 3,7 m. Výška příčných výztuh na dolní pásnici je 600 mm, na stěnách se směrem od dolní pásnice snižuje. Každá třetí příčná výztuha je zesílena vzpěrami tvaru V čtvercového uzavřeného průřezu, složeného ze dvou plechových úhelníků. V místech uložení na pilíře je truhlík opatřen mohutnou dvoustěnnou příčnou výztuhou výšky 1,25 m,

kteřá přenáší reakce od ložisek. V místě opěr jsou vysoké jednostěnné příčné výztuhy tl. 1 m. Stěna komory je opatřena třemi a dolní pásnice čtyřmi podélnými výztuhami korýtkového průřezu z ohýbaného plechu P8. Výška výztuh dolní pásnice je 350 mm, výška výztuh stěny 250 mm (obr. 3, obr. 4).



Obr. 3. Výroba ocelové konstrukce

Příčný řez nosné konstrukce je přizpůsoben systému betonáže železobetonové desky mostovky – betonáž bude probíhat do pojízdného bednění. Tvar příčných výztuh byl upraven tak, aby byl umožněn pojezd vnitřní části pojízdného bednění a na horní pásnici byly navařeny stoličky v místech příčných výztuh a uprostřed mezi nimi pro pojezd vnější (konzolové) části pojízdného bednění. Ve stěnách jsou připraveny olemované prostupy pro odvodňovací systém, ve spodní pásnici jsou otvory pro odvod kondenzátu. U nadpodporových dílců jsou v dolní pásnici truhlíku provedeny revizní prostupy eliptického tvaru rozměrů 600 x 800 mm. V těchto místech je dolní pásnice značně zesílena lemovacími prvky. Pohled do ocelové konstrukce je na obr. 4. V obou nosných konstrukcích jsou osazeny revizní lávky z kompozitního materiálu. Uložení konstrukce je na každé podpěře dvojicí hrcových ložisek, únosnost každého z ložisek na pilířích je 15 MN.



Obr. 4. Pohled do ocelové konstrukce

Sprážená železobetonová deska je proměnné tloušťky – 500 mm nad stěnami truhlíku, 300 mm uprostřed desky a 250 mm na koncích konzol. Rozpětí mezi stěnami truhlíku je 7,7 m, vyložení konzol 3,40 a 3,45 m. Deska je vyztužena ocelovými pruty jakosti 10 505(R), bez příčného či podélného předpětí.

Nosná konstrukce je vyrobena ve směrovém i výškovém polygonu, který sleduje skutečný průběh komunikace a průběh výrobního nadvýšení. Lomy polygonu jsou navrženy v místech dílenských a montážních styků, tj. po 9,125 m. Styky jsou v konstantní vzdálenosti po celé nosné konstrukci, což umožnilo spolu s konstantní půdorysnou křivostí výrobu takřka stejných dílců. Výhodně se to ukázalo jak z hlediska projektování a vypracování výrobní dokumentace, tak z hlediska výroby, přepravy, montáže i geodetického

sledování. Ocelová konstrukce je z přepravních důvodů podélně rozdělena – se stykem uprostřed dolní pásnice. Mezi dvěma příčnými montážními styky je vždy dílenský styk, tudíž délka dílců v podélném směru je 18,25 m. Maximální hmotnost montážních dílců je 57 t – nejtěžší jsou nadpilířové dílce.

Postup výstavby

Vzhledem k velké výšce nad terénem a zkrácení doby výstavby byla zvolena montáž podélným výsunem. Speciální montážní pomůcka – krakorec délky 30 m – byl na konci opatřen lisou, které ho přizvedaly při nájezdu na pilíř. Obě nosné konstrukce se pro urychlení výstavby montovaly souběžně. Pro usnadnění montáže ocelových konstrukcí v drsných klimatických podmínkách Krušných hor v zimním období byla na české straně vybudována zateplená hala. Zde pracovníci sestavili a svařili ze čtveřice dílců celek délky 36,5 m, v kontaktním místě uvnitř haly ho příčným montážním svarem připojili k již vysunutě části konstrukce a pomocí vysouvacího zařízení vysunuli z haly (obr. 5). Zařízení



Obr. 5. Manipulace s dílcem u montážní haly

pro vysouvání sestává z vozíku taženého po provizorní dráze ocelovými táhly a hydraulického zařízení kotveného do líce pražské opěry.

Ocelová konstrukce s připojeným dílcem se vysouvá po kluzných blocích ve směru trasy mostu ve třinácti realizačních cyklech. Směrové vedení je zajištěno bočním vedením na opěrách a pilířích (obr. 6). Při nájezdu na pilíř je vzniklý průhyb volného konce vyrovnán hydraulickými lisami a kon-



Obr. 6. Konstrukce vysouvána z haly

strukce je uložena na kluzné bloky. Pro montáž mostu a betonáž desky mostovky je ocelový průřez ztužen podélným vodorovným montážním ztužením při horním pasu, připojeným k příčným výztuhám. Toto ztužení sestává ze zkřížených diagonál dvou profilů L, spojovaných šrouby VP, které uzavírají průřez bez betonové desky tak, aby působil jako uzavřený. Nad podporami jsou osazeny tyče spojující obě horní pásnice, neboť vlivem šikmosti stěn dochází k velkému namáhání. Tyče budou zabetonovány do desky mostovky. Celková hmotnost obou ocelových konstrukcí činí cca 3 420 t.



Obr. 7. Pohled na konstrukci při výsunu

S cílem urychlit stavbu bez nutnosti nanášení protikorozní ochrany v zimním období byla pro výrobu ocelové konstrukce použita patinující ocel S355J2G1W Atmosfix. V obavách z nedostatečného atmosférického působení pro vznik komorové konstrukce rozhodl investor o protikorozní nátěru na vnitřním líci komorového průřezu před odvozem dílu na stavbu, pouze poslední vrstva byla provedena po dokončení montáže. Dno truhlíku je chráněno kombinovaným nátěrovým systémem, stěny jsou ošetřeny třívrstevným systémem.



Obr. 8. Výsun v zimním období

Mostovka se betonovala z pojízdného bednění, tzv. betonářského vozíku, jehož vnější vozík pro betonáž konzol se pohyboval po stoličkách přivařených k horním pásnicím,



Obr. 9. Pohled na vysouvané konstrukce zespodu

vnitřní vozík pro betonáž vnitřní části desky po kolečkách namontovaných na konzoly příčných výtuh. Poutnický způsob umožnil betonování úseků polí v předstihu před podporovými, a tím nedocházelo k tahovému napětí v betonu v podporových oblastech od vlastní tíhy nosné konstrukce.

Šest vnitřních vozíků a čtyři vnější realizovaly na 6 km přesunu při své délce 27 m (obr. 7, obr. 8, obr. 9). Před dokončením mostovky budou pokračovat práce na mostních římsách a příslušenství – odvodnění mostu, protihlukové stěny, svodidlech, elektroinstalaci uvnitř mostu.

Závěr

Technicky náročné dílo bylo možné realizovat kvalitně a rychle díky spolupráci investora, projektanta a sdružení zhotovitelů. Zprovoznění mostu se předpokládá v listopadu 2006. Organizace technologicky náročné mostní stavby sleduje prioritně termín zprovoznění mostu současně s vysokým standardem kvality provedení.

Investorem akce je Ředitelství silnic a dálnic ČR, správa Praha, zhotovitelem mostu sdružení firem Firesta a Projektové a inženýrské služby. Levá ocelová konstrukce se vyráběla v mostárně DT Prostějov, pravá v brněnské mostárně Firesty. Každý výrobce zajišťoval svařování na montáži. Výsuv nosných konstrukcí zajišťovala Firesta. Generálním projektantem stavby je Valbek. Mostní objekt ve stupni RDS projektovala firma Pontex. Projektční kancelář Ing. Antonína Pechala, CSc., zpracovala RDS a výrobní výkresy ocelové konstrukce.

Šoukalová, G. – Pechal, A. – Konečný, V.: Border Bridge Connecting Motorways D8 and A17

This article describes the design and construction of a Border Bridge, connecting the Czech motorway D8 with the German motorway A17 across a deep valley of the Border Creek in the Krušné Mountains. It is a composite steel-concrete box girder bridge of six spans, lengths 58.4+4 73.0+58.40 m on piers, reaching the height up to 51 m.

Šoukalová, G. – Pechal, A. – Konečný, V.: Grenzbrücke als Verbindung der Autobahnen D8 und A17

Der Artikel behandelt den Entwurf und die Realisierung der Grenzbrücke, welche die tschechische Autobahn D8 mit der deutschen Autobahn A17 über das tiefe Tal des Grenzbaches im Erzgebirge verbinden wird. Es handelt sich um eine Stahl-Beton-Verbundbrücke in Kastenprofil über sechs Felder der Spannweite 58,4 + 4 x 73,0 + + 58,40 m auf Pfeilern, welche eine Höhe bis zu 51 m erreichen.

Moravskoslezská hornická společnost ČSVTS při Hornicko-geologické fakultě VŠB-TU Ostrava, odborná skupina Lomové dobývání a úpravnictví za spolupráce Katedry dopravního stavitelství Fakulty stavební VŠB-TU Ostrava a Oddělení úpravy nerostných surovin Hornicko-geologické fakulty VŠB-TU Ostrava pořádají

mezinárodní konferenci

RACIONÁLNÍ VYUŽITÍ PRŮMYSLOVÝCH ODPADŮ VE STAVEBNICTVÍ

4. až 5. října 2006

Tematické zaměření

- recyklace a využití průmyslových odpadů ve stavebnictví a geotechnice
- ekologické a bezpečnostní aspekty produkce a recyklace průmyslových odpadů a jejich využití ve stavebnictví a příbuzných oborech
- problematika vzorkování a chemické analýzy průmyslových odpadů
- podnikatelské aktivity v oblasti recyklace průmyslových odpadů
- legislativní otázky recyklace a využití odpadů ve stavebnictví

Konference je určena pro organizace a firmy zabývající se využitím a recyklací průmyslových odpadů, pro výrobce strojů a zařízení na jejich zpracování a recyklaci, výrobce zařízení pro automatizaci zpracovatelských celků, producenty průmyslových odpadů, stavební firmy, výzkumné a projektové ústavy, vysoké školy, státní správu a ostatní odbornou veřejnost.

Kontaktní adresa:

doc. Ing. Miloslav Řezáč, Ph. D., tel: +420 597321313, fax: +420 597321361, e-mail: miloslav.rezac@vsb.cz

Odezva konstrukce budovy a ohrožení jejích obyvatel výbuchem plynu

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

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

Článek je věnován vlivu zatížení na zděnou konstrukci budovy při výbuchu zemního plynu uniklého z potrubního rozvodu v chodbách a schodiškové části domu. Jsou porovnána kritéria namáhání zdiva při běžném statickém zatížení od návrhových – projektových zatížení s odezvou konstrukce při zatížení výbuchem relativně malé intenzity. Jsou uvedena kritéria pro ohrožení konstrukce objektu a jeho částí a také kritéria pro ohrožení osob uvnitř objektu. Na příkladu obytné budovy se třemi nadzemními podlažími je stanovena odezva nejvíce zatížené části konstrukce a komentována prognóza porušení budovy a ohrožení jejích obyvatel.

Úvod

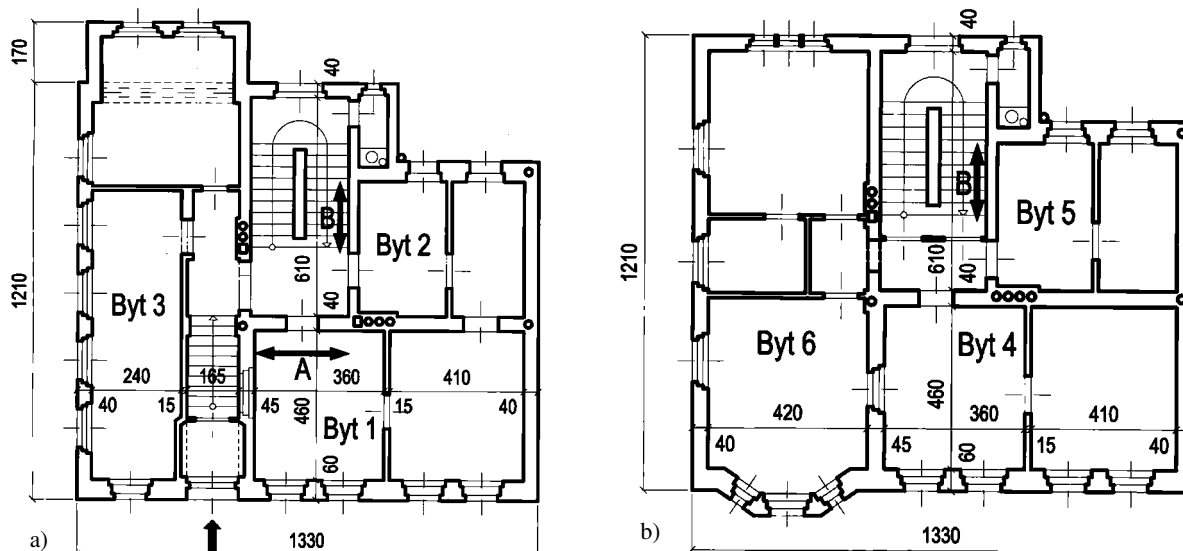
Při úniku z potrubních rozvodů uvnitř obytných domů se může plyn v uzavřených chodbách nebo prostorách obytných místností nahromadit a při vhodné iniciaci, např. elektrickou jiskrou, vybuchnout. Tento problém je prezentován na příkladu staršího třípatrového zděného domu v uliční zástavbě městské části. Cílem je analýza dynamické odezvy nejvíce namáhaných nosných zdí uvnitř budovy, situovaných nejbližší výbuchu, spolu s uvedením kritérií pro porušení objektu výbuchovým zatížením. Za doplňující lze považovat posouzení ohrožení osob v blízkých bytech nebo v okolí domu.

Analýzovaný objekt má čtyři nadzemní podlaží (obr. 1). Byl postaven mezi lety 1939 až 1945, jde tedy o objekt, kte-

rý je typickým představitelem uliční zástavby menších měst. Nosná konstrukce je zděná s dřevěnými trámovými stropy. Vstup je z ulice přes zádveří po vstupním schodišti do zvýšeného přízemí. Vstupní chodba je uzavřena proti vnitřní části dveřmi. Ve vnitřní části je ve zvýšeném přízemí chodba půdorysných rozměrů 4 000 x 2 000 mm a dvouramenné schodiště se schodnicemi nad sebou na celou výšku budovy. V mezipatech jsou skleněné dveře oddělující chodby jednotlivých pater od vnitřní chodby se vstupy do jednoduchých malometrážních bytů. Z chodby ve zvýšeném přízemí, kde je umístěno zařízení pro rozvod plynu a plynoměr, se plyn po výronu rozšířil do prostoru vnitřní chodby a schodiště.

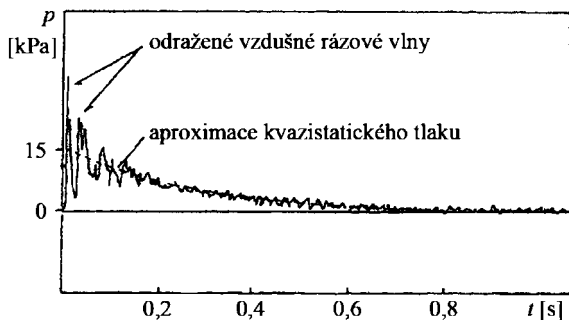
Zatížení výbuchem

Podle informací o skutečné události uniklo do vnitřních prostor přibližně 340 m³ zemního plynu, který ve směsi se vzduchem zaplnil prostory chodby zvýšeného přízemí a vnitřního schodiště přibližně do úrovně 1. patra (2. NP). Podle odhadů [3], [4] může výbuch plynného oblaku působit na stěny chodby ve zvýšeném přízemí a na schodišti do 1. patra, včetně dveří do bytů v 1. NP a na spojovací dveře do vstupní chodby a schodiškové dveře mezi 1. a 2. NP, přetlakem 5 až 15 kPa s dobou působení 0,5 až 0,8 s (obr. 2). Při odhadu parametrů výbuchu byla respektována skutečnost, že výbušný oblak není v uvedených prostorách těsně uzavřen, ale může pronikat netěsnými dělicími dveřmi a okenními otvory do okolí. Přesnější stanovení úrovně přetlaku od výbuchu je problematické, neboť záleží na konfiguraci prostoru zaplněného výbušnou směsí, na přesném složení směsi apod. Pravděpodobný tvar průběhu přetlaku má charakter podle



Obr. 1. Půdorys přízemního podlaží (a) a 1. patra (b) vybrané obytné budovy městské zástavby

obr. 2, kde kvazistatická část má přibližně exponenciální klesající průběh, na který jsou superponovány špičky odražené vzdušné rázové vlny od stěn, stropu a podlahy prostoru, ve kterém došlo k výbuchu.



Obr. 2. Odhad přetlaku generovaného výbuchem směsi plynu uvnitř vnitřních prostor budovy

Zjednodušeně se při stanovení charakteru zatížení vychází z těchto předpokladů:

- a) zatěžující impuls má v čase trojúhelníkový tvar a maximální intenzita impulsu odpovídá přetlaku výbuchu s uvažováním výfuků tlaku prostřednictvím otevřených okenních a dveřních otvorů;
- b) tlaková vlna má rovinné čelo, tedy zatížení v jednotlivých bodech zatěžované konstrukce působí bez fázového zpoždění;
- c) zatížení působí na stavební konstrukci (zeď, strop, okna apod.) spojitě a rovnoměrně, není tedy uvažován lokální efekt soustředěného zatížení, popř. vliv pohybu trosek na poškození dalších částí konstrukce nebo zařizovacích předmětů v bytech.

Porušení okenních a dveřních konstrukcí

Časový průběh zatížení od výbuchu plynu je výrazně ovlivněn otevřenými otvory z uzavřeného prostoru uvnitř objektu. K tomuto otevření dojde v okamžiku porušení zasklení oken a dveří, popř. při destrukci plných dveřních či jiných výplní (výplň okna schodiště skleněnými cihlami, lehké příčky apod.). O porušení při působení tlakové vlny kolmo na střednicovou rovinu skla rozhoduje dosažení buď meze pevnosti skla za ohybu, nebo úhlu lomu okenní tabule (úhel lomu je podle experimentálního ověřování [6] $\alpha = 0,024 \sim 0,029$), nebo druhotně náraz trosek nesených výbuchovou vlnou. O vytržení celé okenní nebo dveřní konstrukce ze zdiva nebo jiného materiálu konstrukce stěny rozhoduje způsob zajištění smykové únosnosti spoje okna nebo dveří se stěnou. O vytržení celých okenních křídel nebo dveří rozhoduje směr působení zatížení na okenní křídlo a smyková pevnost konstrukce rámu okenního křídla a dále tahová, popř. smyková nebo ohybová pevnost závěsů podle uspořádání celé okenní konstrukce.

Okamžik porušení lze odhadnout z nomogramů [9] sestavených na základě experimentální a teoretické analýzy okenních skel při zatížení trojúhelníkovým přetlakem vzdušné rázové vlny (obr. 3). Konkrétně pro skleněné tabule 0,5 x 1 m tl. 3 mm je při délce trvání přetlaku $\tau_p = t = 0,8$ s (označení t použito na obr. 3) mezní velikost přetlaku rázové vlny přibližně $p_+ = 1,15$ kPa, která způsobí porušení hladkého skla daných rozměrů. Pro větší tabule nastává porušení již při menším přetlaku. Z uvedených hodnot vyplývá, že následkem přetlaku od výbuchu plynu dojde v námi uvažované

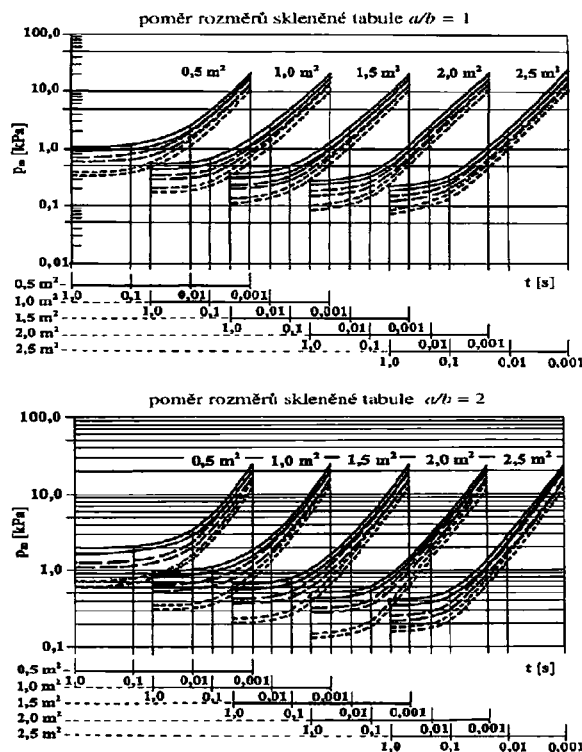
budově k následujícím škodám:

- rozbítí skel v oknech na schodišti;
- rozbítí skel ve dveřích a vyrazení vstupních dveří do budovy;
- rozbítí skel ve dveřích a vyrazení dělicích dveří mezi záďmi a chodbou v přízemí;
- vyrazení vstupních dveří do bytů v přízemí, následně rozbítí skel v oknech v obou bytech v přízemí.

Obdobně jako v případě skleněných výplní byla ověřována i únosnost okenních rámu [6], [8]. Pro odhad únosnosti okenních a dveřních konstrukcí byla sestavena tab. 1. Je zřejmé, že následkem výbuchu s přetlakem 5 až 15 kPa budou rozbity okenní a dveřní rámy ve zvýšeném přízemí a ve schodišřové části a rám vstupních dveří do budovy.

Tab. 1. Charakter poškození budov a jejich součástí přetlakem p_m v dopadající vzdušné rázové vlně od účinků výbuchu

p_m [kPa]	Účinek
do 0,5	žádné poškození
0,5 ~ 1	malé poškození okenních výplní (pouze část, praskliny skel bez vysypání trosek ap.)
1 ~ 2	větší poškození okenních výplní, dílčí vysypání trosek skel
2 ~ 5	částečné poškození rámu dveří a oken; porušení omítky a vnitřních dřevěných příček
5 ~ 20	zničení oken; poškození lehkých staveb a běžných zděných staveb
10 ~ 30	částečné rozrušení staveb převážně přízemní zástavby rodinných domů
20 ~ 30	značné rozrušení městských vícepodlažních staveb



Obr. 3. Mez porušení hladkého okenního skla s tmelem uvolněným na polovině jeho obvodu v závislosti na přetlaku v zatěžující rázové vlně p_m , době působení přetlaku t , ploše zasklení A , tloušťce a stáří skla (tloušťku vyjadřuje typ čáry, stáří dvojice čar stejného typu, obojí stejně jako na obr. 1)

a – poměr rozměrů skleněné tabule $a/b = 1$; b – poměr $a/b = 2$

Poznámky k odhadu porušení

U starších oken s poškozeným dřevem rámu nebo okenních či dveřních zámků může dojít k vylovení dřeva při mnohem menším přetlaku. V místě okenních závěrů (zadlabané otvory pro jazýčky, okenní tyče apod.) bývá plechové kování, které zvyšuje únosnost spoje proti výše uvedeným hodnotám.

Možným vlivem na porušení skla je také deformace okenního křídla ohybem. Pokud je ohybová únosnost měkkého dřeva nebo plastového či ocelového rámu překročena, může dojít k lámání rámu okenního křídla. Při velkých deformacích, které mohou nastat u tenkých dřevěných profilů okenních křidel nebo ocelových či plastových rámu, pak zpravidla dojde i k překročení ohybové únosnosti skla, jejímž důsledkem jsou vodorovné praskliny v místě největšího napětí (tedy ve výše uvedeném případě ve středu rozpětí), a tím i k poklesu únosnosti celé okenní tabule. Dalším stavem porušení může být vytržení celého okna z obvodové zdi. V tomto případě záleží na způsobu kotvení okna ve zdi (lavičníky, ozuby ve zdi apod.).

Z uvedeného příkladu vyplývá, jak je významné při rekonstrukci nebo prognóze havárie se zabývat nejen rozměry rozbité tabule včetně stavu zatmělení, ale také stavem závěrů a uzávěrů, trvalými deformacemi rámu okenních křidel, vysunutím celého okna ze zdiva apod. Je zřejmé, že *tab. 1* udává pouze pravděpodobný odhad účinků výbuchu na konstrukce tohoto typu. U nových konstrukcí může být únosnost oken a dveří i o 50 % vyšší, než udává tabulka. Naopak, v závislosti na opotřebení starších oken nebo dveří, může být jejich únosnost výrazně menší, někdy pouze 10 až 20 %.

Odezva konstrukce

Výpočtové modely

Cílem výpočtové analýzy bylo stanovit odezvu nejvíce namáhaných částí konstrukce. Jde jednak o nosné zdivo stěny mezi chodbou a přízemím, oslabené vstupními dveřmi do bytu na výšku jednoho podlaží, a jednak zdivo chodby přes výšku dvou podlaží (*obr. 4*). Oba výpočtové modely byly sestaveny jako dílčí (úsekové) modely, odpovídající nosným zdem ve vnitřní části chodby 1. NP a schodišťové části mezi 1. a 2. NP, v místech, kde se předpokládá zatížení od výbuchu. Příčné nosné zdi, navazující na relativně jed-

noduché úsekové modely, vytvářejí přirozené opěry posuvu modelované zdi jako celku, a proto ve zjednodušeném případě lze modely zdiva A i B považovat za dostatečně vypovídající. Protože na modelovaných zdech spočívá i konstrukce stropů, je havarijní poškození – destrukce těchto modelovaných zdí – dominantní skutečností pro bezpečnost celého objektu:

- zed' A* – rozměr 3 200 x 2 800 x 300 mm (zdivo stěny bytu ve zvýšeném přízemí se vstupními dveřmi do bytu);
- zed' B* – schodišťová zeď na výšku dvou podlaží s rozměry 5 000 x (2 x 2 800) x 250 mm.

Lokalizace těchto částí konstrukce je zakreslena ve schématu budovy na *obr. 1*. Nosné zdivo uvnitř budovy pokračuje do vyšších podlaží objektu, a proto jeho napojení na ostatní zděné konstrukce budovy bylo uvažováno jako vetknutí. Dveřní otvor v modelu *zed' A* byl uzavřen dřevěnou deskou odpovídající tuhosti dveří. Napojení dveří na zděnou konstrukci bylo uvažováno jako kloubové – opření o dveřní zárubeň zabraňuje jejich posuvu, ale umožňuje pootočení okolo osy spoje. Model *zed' B* je vysoký na výšku dvou podlaží. Kontakt ve střední části byl modelován jako kloubový – stropní konstrukce brání posuvu ve vodorovném směru, ale umožňuje pootočení okolo osy spoje. Zdivo výpočtových modelů bylo kromě dynamických účinků výbuchu zatíženo staticky od stálých zatížení z vyšších podlaží (zatížení od vlastní tíhy a odhadnuté stálé složky užžitných zatížení).

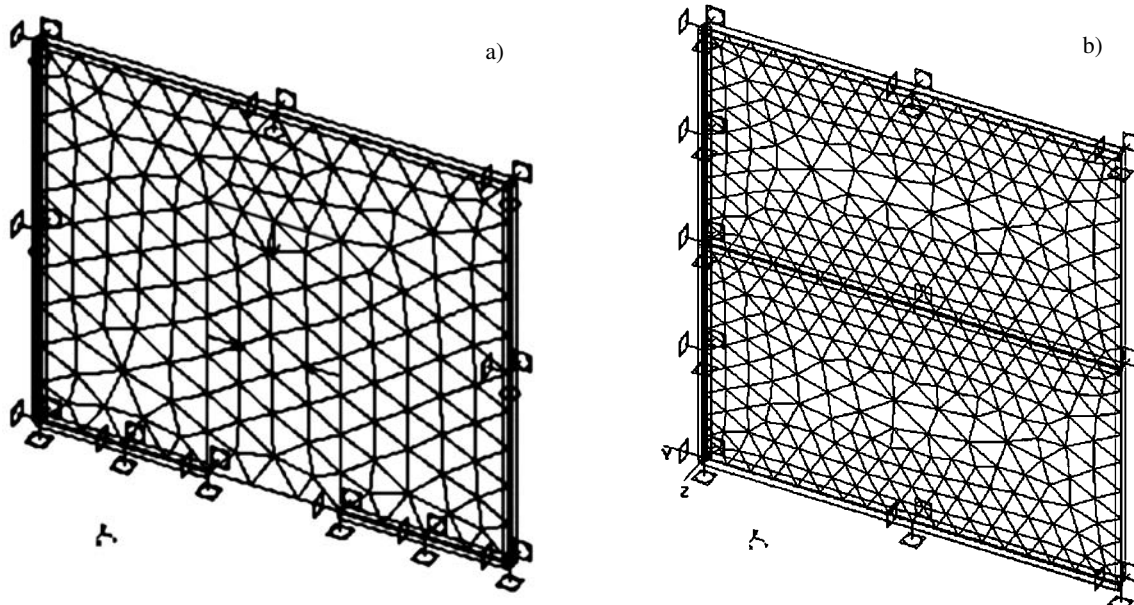
Oba modely byly zatíženy dynamickým trojúhelníkovým zatížením od výbuchu plynu, působícím rovnoměrně na celou stěnu výpočtových modelů, kolmo na jejich střednicovou rovinu:

- náběhová hrana do maximálního přetlaku 0,05 s (odhadem),
- maximální intenzita přetlaku 15 kPa s dobou trvání 0,8 s.

Přesnější řešení, např. modelováním větší části konstrukce, v daném případě nemělo smysl, protože dynamické zatížení od výbuchu plynu bylo známo s odhadovanou chybou – nepřesností v řádu 100 %, popř. i více.

Materiálové vlastnosti zdiva

Zdivo budovy je z plných cihel rozměrů 290 x 140 x 65 mm, s pevnostním označením P10, na vápenocementovou maltu, značky 2 až 4, s výškou spár cca 10 mm. Cihlové konstruk-



Obr. 4. Výpočtové modely zdi A a B (úsekové modely)

ce lze zjednodušeně posuzovat až do vzniku trhlin jako lineárně pružnou soustavu [7], [9], [10]. O porušování běžných zděných konstrukcí rozhoduje pevnost zdiva v tahu za ohybu podle příslušných norem pro navrhování (viz tab. 3 v ČSN 73 1101 [1]).

Důležitou veličinou pro výpočet odezvy je modul pružnosti E zdiva, který lze odhadnout z modulu přetvárnosti E_{def2} (podle čl. 38 v ČSN 73 1101 [1]), a následně se doporučuje upravit podle experimentálně ověřených zkušeností autorů příspěvků [7], [9], [10]:

a) pro výpočet dynamické odezvy neporušené konstrukce v blízkosti meze porušení

$$E \approx 0,5 \cdot E_{def2} = 0,5 \cdot 945,0 = 472,5 \text{ MPa};$$

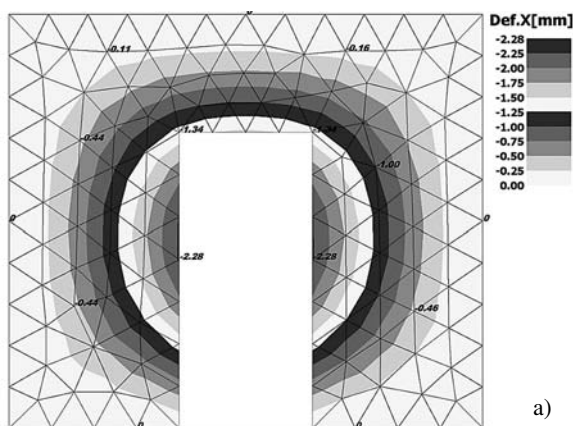
b) pro výpočet dynamické odezvy konstrukce již dříve porušené trhlinami

$$E \approx 0,1 \cdot E_{def2};$$

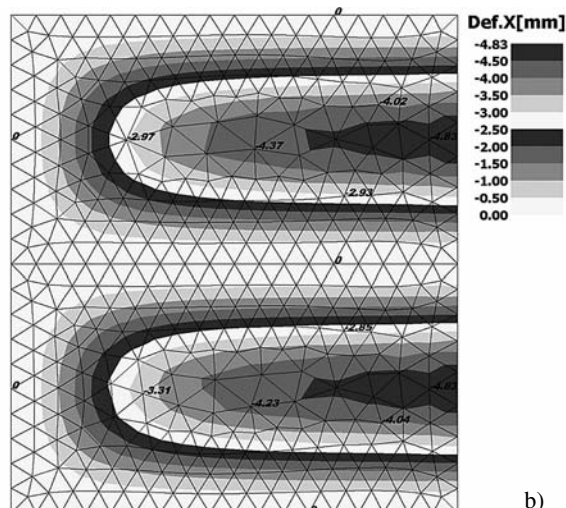
c) pro výpočet staré konstrukce se podle možnosti vzniku trhlin ve zdivu odhadne modul pružnosti v rozmezí modulů add a) a b)

$$E \approx 0,1 \sim 0,5 \cdot E_{def2}.$$

Z uvedených variant je zřejmé, že reálný modul pružnosti pravděpodobně leží v blízkosti 472 MPa. Podle citované normy rozhoduje o únosnosti konstrukce pevnost cihlového zdiva v dostředném a mimostředném tlaku $R_d = 0,90 \text{ MPa}$ a v dostředném tahu za ohybu $R_{td} = 0,02 \text{ MPa}$ (v rovné spáře) až $0,04 \text{ MPa}$ (v zazubené spáře). I toto normové kritérium není úplně přesné (o skutečné destrukci stěny rozhoduje mezní



a)



b)

Obr. 5. Tvar průhybové plochy při dosažení maximálních průhybů při dynamickém zatížení

a – model *zed A*, b – model *zed B*

deformace), odpovídající kritickému úhlu natočení střednice konstrukce v důsledku jejího ohybu, který je podle prací [9], [10] přibližně mezi 2 až 3° podle stáří a kvality zdiva.

Analýza konstrukce a její ohrožení

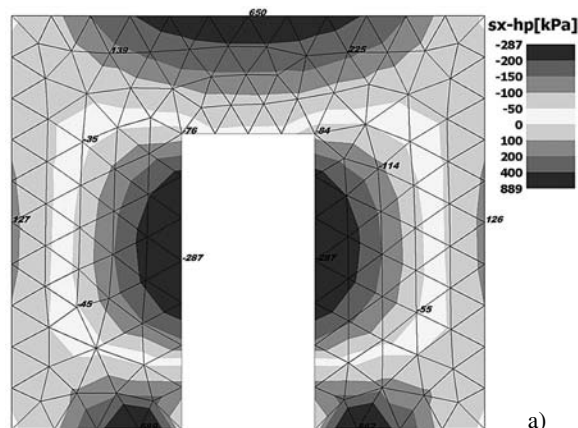
Součástí výpočtu obou modelů konstrukcí bylo stanovení naladění konstrukce. Vzhledem k časové charakteristice výbuchového zatížení jsou rozhodující nejnižší vlastní frekvence a tvary jejího kmitání. Nejnižší vlastní tvary kmitání jsou pro *zed A* na frekvencích 33,4 a 38,7 Hz a pro *zed B* na frekvencích 12,2 a 16,5 Hz. Útlum kmitání byl podle normy [2] odhadnut logaritmickým dekrementem tlumení $\Theta = 0,12$, který byl do výpočtu zaveden jako Rayleighův útlum pomocí součinitelů α při matici hmotnosti a β při matici tuhosti pohybových rovnic:

zed A součinitele útlumu $\alpha = 4,302$; $\beta = 0,000\ 084$;

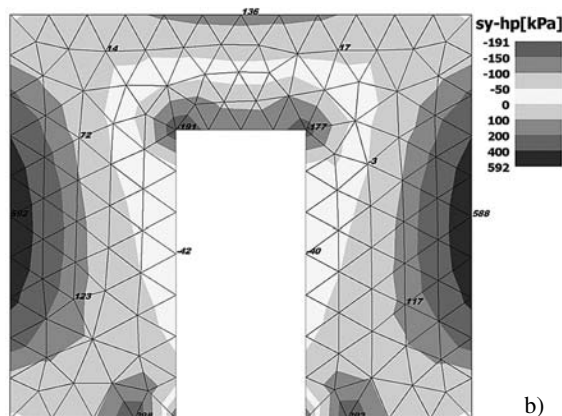
zed B součinitele útlumu $\alpha = 1,637$; $\beta = 0,000\ 212$.

Charakter odezvy je vzhledem k délce působení dynamického zatížení kvazistatický. Na kvazistatickou složku deformace je superponována dynamická amplituda průhybů na nejnižších vlastních frekvencích.

Na obrázku 5 je pro oba modely uvedena výsledná obálka odezvy konstrukce v průhybech při dynamickém zatížení. Na obrázcích 6 a 7 je obálka napětí dosažených při povrchu zdiva. Maximální namáhání zděné konstrukce uvádí tab. 2.



a)

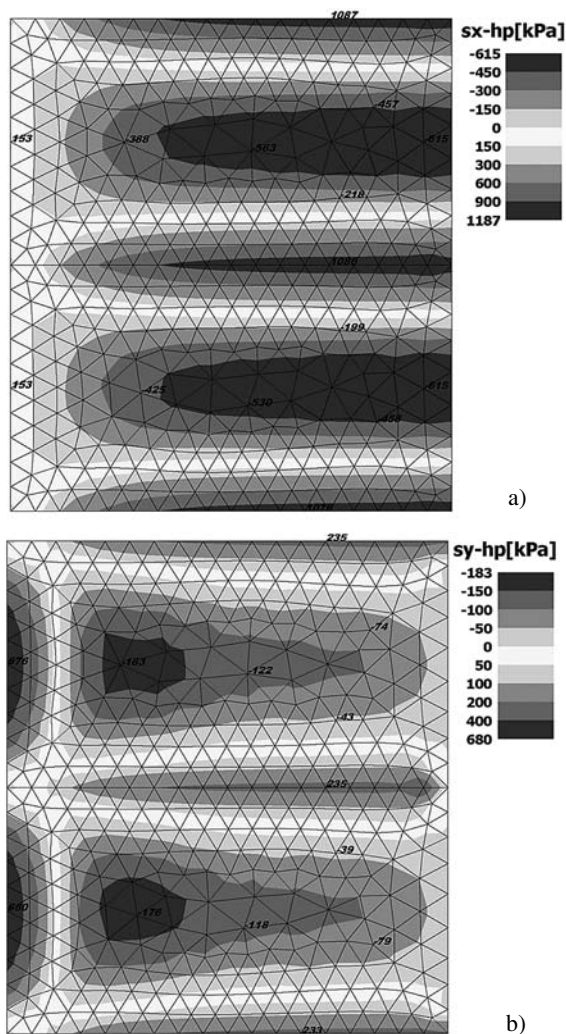


b)

Obr. 6. Napětí při povrchu zdiva odpovídající maximálním průhybům zdi A od zatížení výbuchem

a – napětí horizontálně, b – napětí vertikálně

Mez pevnosti zdiva v tahu za ohybu při porušení ve spárách mezi cihlami je podle ČSN 73 1201 při napětí 20 až 40 kPa. Protože vypočtená napětí podle tab. 2 s rozložením napjatosti v konstrukci podle izolinií na obr. 6 a obr. 7 výrazně (řádově) překračují pevnost malty ve zdivu, dojde při tomto zatí-



Obr. 7. Napětí při povrchu zdiva odpovídající maximálním průhybům zdi B od zatížení výbuchem
a – napětí horizontálně, b – napětí vertikálně

Tab. 2. Vypočtená maxima namáhání nosné zděné konstrukce

Napětí v krajních vláknech	Zdě [kPa]	
	A	B
od dynamického zatížení výbuchem		
ve směru lokální osy x (svisle)	±889	±1 187
ve směru lokální osy y (vodorovně)	±592	±680
od stálých statických zatížení v konstrukci		
ve směru lokální osy x (svisle)	-160	-210
ve směru lokální osy y (vodorovně)	-13 až -90	-3 až -20

žení k rozvoji řady trhlin jak ve spárách mezi zdmi, tak napříč přes cihly. U konstrukce schodiště může dojít vzhledem k významnému překročení pevnosti v tahu za ohybu k výrazným poruchám, vypadnutí nebo posunutí celých bloků zdiva. Porovnejme vypočtené vodorovné průhyby pro obě zdi:
– zed' A maximálně 2,3 mm, maximální úhel ohýbaných částí 0,11° (u podpor),

– zed' B maximálně 4,8 mm, maximální úhel ohýbaných částí 0,20° (na rozhraní 1. a 2. NP).

Podle kritéria mezního úhlu ohýbané konstrukce je nepravděpodobné, že by obě zdi při výbuchu bezprostředně havarovaly, nicméně mohou se v nich rozevřít trhliny, vypadnout cihly ze stěn, zejména na volných okrajích u schodišťové zdi B nebo v blízkosti dveřní zárubně u zdi A. V případě takové vážné havárie může dojít druhotně i k rozvolnění stropů, odpadnutí omítek, porušení lehkých příček na stropní konstrukci apod.

Ohrožení osob

Účinky výbuchu mohou ohrozit zdraví osob, jestliže přetlak p_+ ve vzdušné rázové vlně, působící na osobu v konstrukci nebo v otevřeném terénu, je větší než 10 kPa. Škody na zdraví v závislosti na velikosti přetlaku je možné uvažovat podle tab. 3. Je pravděpodobné, že minimálně část obyvatel přítomných v domě by byla těžce zraněna. Nelze vyloučit ani smrtelná zranění, zejména v místnostech okolo schodiště.

Při výbuchu plynu uvnitř objektu bude vymeteno sklo a úlomky dveří do zahrady a na ulici. Tlakové účinky výbuchu při otevření otvorů v konstrukci (oken a dveří v nejnižším podlaží) v důsledku ventilace velmi rychle klesají. Je nepravděpodobné, že by byl přímo ohrožen sousední dům v uliční zástavbě, s výjimkou rozbití oken v nejbližších objektech tlakovou vlnou nebo letícími troskami, popř. poškozením automobilů parkujících v blízkosti.

Porovnáme-li úroveň přetlaků výbuchu podle tab. 3 s odhadem přetlaků v budově, pak lze formulovat tyto závěry:

- a) pokud by se při výbuchu oblaku plyné směsi nějaká osoba nacházela na chodbě zvýšeného přízemí nebo na schodišti v části navazující na přízemí, byla by zřejmě těžce zraněna tlakovou vlnou. Kontaktní tlaky v ohnisku výbuchu jsou vyšší než tlak na obvodové stěny, který pro danou konfiguraci objektu může dosáhnout cca 15 kPa;

Tab. 3. Zranitelnost osob přetlakem v dopadající vzdušné rázové vlně p_m

Skupina zranitelnosti	Přetlak p_m [kPa]	Zranění
0	méně než 10	od přímého působení tlakové vlny není pravděpodobné
1	10 až 30	lehké úrazy osob při přetlaku cca 15 kPa pád stojící osoby při přetlaku cca 34 kPa praskají ušní bubínky
2	30 až 150	těžké úrazy osob
3	150 až 200	smrtelná zranění

Osoby mohou být poškozeny rovněž sekundárně, např. odletujícími troskami, pádem předmětů na stanoviště osob. Zvláště nebezpečný je malý přetlak 5 až 20 kPa, při němž je velmi pravděpodobné poranění osob troskami létajícími (na velké vzdálenosti desítek až stovek metrů) rozbitých skleněných výplní oken a dveří, které nejsou sraženy k zemi, ale „plachtí“. Tabulka byla sestavena podle výsledků lékařských a vojenských výzkumů na základě rešerší autorů podle amerických a ruských literárních pramenů.

- b) ve zvýšeném přízemí přetlak přibližně 15 kPa vylomí dveře, osoby v místnostech bezprostředně za nimi jím mohou být povaleny a druhotně zraněny o ostré předměty, rohy nábytku apod., velmi pravděpodobně je zranění úlomky letících předmětů, např. zbytky dveří nebo skel. Trajektorie pohybu letících předmětů není jen přímá, může být i krouživá, takže ke zranění může dojít i ve stínu obvodových stěn místnosti;
- c) osoby před domem nebo na zahradě za domem mohou být zraněny troskami skel ze vstupních dveří a okna schodiště.

Zraněny mohou být i padajícími troskami schodiště, částmi zdiva, popř. propadlými stropy. Tyto druhotné účinky havárie části budovy jsou mnohdy nebezpečnější než tlakové účinky od přetlaku výbuchu.

Závěr

Na příkladu obytné budovy v městské zástavbě je řešen problém výbuchu a ohrožení bezpečnosti relativně krátkodobým – několikahodinovým únikem topného plynu. Vychází ze skutečné události, u níž riziko výbuchu vzniklo neodbornou manipulací jednoho z obyvatel domu s plynovým potrubím.

Analýza objektu ohroženého výbuchem vychází z odhadu pravděpodobné intenzity a doby trvání přetlakové fáze na základě uniklého množství plynu a prostor, které byly výbušnou směsí plynu se vzduchem zaplněny, a dále využívá výsledky experimentální i numerické analýzy účinků výbuchu na konstrukce budov nebo částí budov, jako jsou zdivo, okna nebo dveře. Je zřejmé, že výbuch by vážně poškodil budovu s dílčími haváriemi schodiště a navazujících stropů s důsledky na zdraví obyvatel uvnitř i v těsné blízkosti budovy. Při možné hranici intenzity výbuchu jsou předpokládány škody na objektu velmi vážné – vytržení oken, zkroutění rámu dveří a poškození vstupních dveří, vypadnutí části zdiva ze stěn a vážné škody na vnitřních nosných zdech v přízemí a v patře.

Práce na této problematice byla podporována projektem č. 103/03/0082 GA ČR „Nelineární odezva konstrukcí při mimořádných zatíženích a zatíženích způsobených pohybem člověka“ s pokračováním podpory projektem č. 103/06/1521 GA ČR „Spolehlivost a rizika konstrukcí v extrémních podmínkách“.

Literatura

- [1] ČSN 73 1101 Navrhování zděných konstrukcí. ČSN, 1980.
- [2] ČSN 73 0032 Výpočet stavebních konstrukcí zatížených dynamickými účinky strojů. ČSN, 1978.
- [3] Janovský, B.: Výbuch ve vnitřním prostoru objektů, vnitřní výbuch. [Učební texty], Univerzita Pardubice, 2002.
- [4] Janovský, B. – Podstawka, T. – Makovička, D. – Horkel, J. – Vejs, L.: Pressure Wave Generated in Vented Confined Gas Explosions: Experiment and Simulation. In: Transactions of 17th International Conference on SMiRT, ed. Vejvoda, S., University of Technology, p. 240 + 8 pp. on CD, Brno, 2003, p. 240 + 8 pp. on CD.
- [5] Koloušek, V. a kol.: Stavebné konštrukcie namáhané dynamickými účinkami. Bratislava, SVTL 1967.
- [6] Makovička, D.: Shock Wave Load of Window Glass Plate Structure and Hypothesis of its Failure. In: Structures under Shock and Impact '98. Computational Mechanics Publications, Southampton 1998, pp. 43–52.
- [7] Makovička, D.: Failure of Masonry under Impact Load Generated by an Explosion. Acta Polytechnica, Vol. 39, No. 1/1999, pp. 63–91.
- [8] Makovička, D.: Explosion Hazard to Buildings and Design Load Parameters. In: Jones, N. – Brebbia, C. A.: Structures under Shock and Impact VI. Southampton, WIT Press 2000, pp. 373–382.
- [9] Makovička, D. – Makovička, D.: Failure of Masonry under Explosion Effect. In: Jones, N. – Brebbia, C. A.: Structures under Shock and Impact VI. Southampton, WIT Press 2004, pp. 475–484.
- [10] Makovička, D. – Makovička, D.: Vliv opakovaných extrémních zatížení na ohybovou únosnost zdiva. Stavební obzor, 15, 2006, č. 2, s. 37–43.

Makovička, D. – Makovička, D. jr.: Response of a Building Structure and Danger to its Inhabitants Induced by Gas Explosion

This paper is aimed to explore load effects on the masonry structure of a building during explosion of natural gas leaking from the pipe system in corridor and staircase sections of the building. It compares criteria of masonry stress under common static load as a result of design – project load with response of structures under the load of an explosion of a relatively low intensity. It presents criteria of inducing danger to building structures and their parts, as well as criteria of imposing hazard to persons inside the building. Using an example of a residential building with three above-ground storeys, the response of the most exposed part of the structure is determined, as well as the risk to its inhabitants.

Makovička, D. – Makovička, D. jr.: Reaktion der Konstruktion eines Gebäudes und die Gefährdung seiner Bewohner durch eine Gasexplosion

Der Artikel ist dem Einfluss der Lasteinwirkung auf einen Mauerwerksbau bei einer Explosion von Erdgas gewidmet, das aus einer Gasleitung in den Fluren und Treppenhausbereichen des Hauses entwichen ist. Es werden die Kriterien der Beanspruchung des Mauerwerks bei der üblichen statischen Beanspruchung aus der rechnerischen Belastung laut Planungsunterlagen mit der Reaktion der Konstruktion bei der Belastung durch eine Explosion von relativ geringer Intensität verglichen. Es werden Kriterien für die Gefährdung der Konstruktion des Gebäudes und dessen Teil und auch Kriterien für die Gefährdung von Personen im Gebäude angeführt. Am Beispiel eines dreigeschossigen Wohnhauses wird die Reaktion des am meisten belasteten Teils der Konstruktion bestimmt und die Prognose der Beschädigung des Gebäudes und der Gefährdung seiner Bewohner kommentiert.

Vlastnosti cementových kompozitů vyztužených skleněnými vlákny po tepelném namáhání

Ing. Eva MĚNAHONČÁKOVÁ
Ing. Pavel TESÁREK
Ing. Pavel PADEVĚT, Ph. D.
prof. Mgr. Jan TOMAN, DrSc.
prof. Ing. Robert ČERNÝ, DrSc.
ČVUT – Fakulta stavební, Praha

V článku jsou prezentována měření tahové a ohybové pevnosti, součinitele vlhkostní vodivosti, součinitele difúze vodní páry, sorpčních izoterm, součinitele tepelné vodivosti a měrné tepelné kapacity cementového kompozitu vyztuženého skleněnými vlákny. Studovaný materiál byl vystaven tepelnému namáhání 600, 800 a 1 000 °C.

Úvod

Cementové kompozity vyztužené skleněnými vlákny našly uplatnění především díky možnosti všestranného použití a komerční dostupnosti v konstrukčním průmyslu již na počátku sedmdesátých let minulého století [1]. V současné době se nejčastěji využívají u stěnových systémů, při výrobě prefabrikovaných prvků, potrubí a při povrchových úpravách. Díky svým vlastnostem jsou dobrou náhradou azbestocementových materiálů v oblasti protipožární ochrany [1]–[3]. Určitým problémem je nedostatečná znalost jejich vlastností za podmínek, jimž mohou být během životnosti stavby vystaveny. V článku jsou prezentovány mechanické, tepelné a vlhkostní vlastnosti cementového kompozitu vyztuženého skleněnými vlákny po předchozím tepelném namáhání.

Materiál

Složení materiálu, vyrobeného v laboratořích VUSTAH Brno, včetně vodního součinitele je uvedeno v tab. 1. Vzorky byly zhotoveny v míchačce postupnou homogenizací písku a mikrosiliky s následným přidáním cementu a vody. Jako poslední byla vmíchána skleněná vlákna. Získaná směs byla odlita do forem a vibrována.

Tab. 1. Složení cementového kompozitu vyztuženého skleněnými vlákny

Materiál	[% hmot.]
cement CEM I 52,5	54
písek 0-1 mm	40
mikrosilika	3
alkalivzdomé skleněné vlákno, tl. 12 mm	3
vodní součinitel	0,33

Pro měření byly použity vzorky ve stáří 28 dnů od přípravy záměsí:

- nezatížené tepelným namáháním, označené UM;
- vystavené tepelnému namáhání 600, 800, 1 000 °C (plynulý nárůst teploty po dobu dvou hodin, dvě hodiny

temperování na finální teplotě a pomalé chladnutí), označené UM-600, UM-800, UM-1000 podle zatížení.

Rozměry vzorků [mm]:

- pevnost v tahu 20 x 10 x 160
- pevnost v tahu za ohybu 40 x 40 x 160
- součinitel vlhkostní vodivosti 50 x 50 x 20
- součinitel difúze vodní páry válec Ø 120, výška 20
- sorpční izoterm 30 x 30 x 10
- tepelné parametry 71 x 71 x 71

Před každým měřením v klimatizovaných laboratořích za konstantních podmínek při teplotě 24±1 °C a relativní vlhkosti vzduchu 30 až 35 % byly vzorky vysušeny na 110 °C a tato hmotnost uvažována jako počáteční. Pro každý parametr a každý zatěžovací stav bylo použito tři až pět vzorků.

Metody

■ Základní parametry materiálu, mezi něž patří objemová hmotnost ρ , hustota matrice ρ_{mat} , pórovitost ψ_0 a maximální nasákavost w_{sat} , byly určeny sycením vzorků vodou za sníženého tlaku a následným vážením vzorků maximálně nasycených na vzduchu, a poté ponořených pod vodní hladinu, kdy se určuje Archimédova hmotnost.

■ Tahová zkouška byla provedena elektromechanickým strojem MTS Alliance RT 30 s možností řízení posunem příčnicku, silou nebo z měřené deformace tělesa, jehož plochými čelistmi bylo možné prizmatické těleso upnout. Nejvyšší možná síla v tahu byla 30 kN, rychlost zatěžování 0,025mm/min.

Pro tříbodový ohyb byl stroj doplněn dráhou s označením 642.01A. Tříbodová ohybová dráha s ložisky Ø 10 mm dovoluje maximální zatížení 27,80 kN. Maximální dynamická síla může být 8,89 kN. Rychlost zatěžování v tříbodovém ohybu 0,04 mm/min definuje posun příčnicku zatěžovacího stroje za jednotku času.

Napětí v tažené oblasti zkoušeného tělesa σ_a lze vypočítat podle vzorce

$$\sigma_a = \frac{M}{W_y}, \quad (1)$$

kde ohybový moment M je dán vztahem

$$M = F \cdot l/4, \quad (2)$$

v němž F je zatěžovací síla aplikovaná na těleso a l délka nosníku mezi podporami.

Průřezový modul W_y je dán vztahem

$$W = \frac{bh^2}{6}, \quad (3)$$

kde b , h jsou rozměry průřezu zkoušeného tělesa.

Výsledné napětí je dáno dosazením vztahů (2) a (3) do rovnice (1), a potom

$$\sigma_a = \frac{3Fl}{2bh^2} \quad (4)$$

■ K měření součinitele tepelné vodivosti, součinitele teplotní vodivosti a objemové měrné tepelné kapacity byl použit mikroprocesorem řízený přenosný přístroj ISOMET 2104 (Applied Precision) určený k přímému měření termofyzikálních vlastností s vyměnitelnými sondami – jehlovou pro sytké materiály a plošnou pro pevné materiály. Každá z nich má zabudovanou paměť s kalibračními konstantami.

■ Součinitel vlhkostní vodivosti κ se určoval přibližnou metodou, založenou na měření nasákavosti. Ze závislosti kumulativního obsahu vlhkosti na odmocnině času se lineární regresí přímo určil vlhkostní absorpční koeficient A . Přibližnou hodnotu součinitele vlhkostní vodivosti [m^2s^{-1}] lze určit na základě vztahu [4]

$$\kappa \approx \left(\frac{A}{w_{\text{sat}}} \right)^2, \quad (5)$$

kde w_{sat} je obsah nasycené vlhkosti [kgm^{-3}].

K měření součinitele difúze vodní páry byla použita misková metoda bez teplotního spádu, založená na jednorozměrném šíření vodní páry vzorkem. Spočívá v měření difúzního toku vodní páry prošlé vzorkem při znalosti parciálních tlaků vodní páry ve vzduchu pod měrným povrchem vzorku a nad ním [5]. Miska se vzorkem se periodicky váží a zjištěné úbytky či přírůstky hmotnosti se vynesou v závislosti na době vážení do grafu. Jakmile se křivka změní v přímku, měření se pokládá za ukončené. Součinitel difúzní propustnosti d [s] se vypočítá podle vztahu

$$\delta = \frac{\Delta m \cdot d}{S \cdot \tau \cdot \Delta p_p}, \quad (6)$$

kde Δm je hmotnost páry difundující vzorkem [kg], d tloušťka vzorku [m], S jeho plocha [m^2], τ období korespondující s transportem hmotnosti vodní páry Δm [s], Δp_p rozdíl parciálních tlaků vodní páry ve vzduchu na obou stranách vzorku [Pa].

Za izotermních podmínek platí mezi součinitelem difúze vodní páry D [m^2s^{-1}] a součinitelem difúzní propustnosti δ vztah

$$D = \delta RT/M, \quad (7)$$

kde R je univerzální plynová konstanta, T absolutní teplota, M molární hmotnost vody. Ve stavební praxi se nejčastěji používá faktor difúzního odporu [–]

$$\mu = D_a / D, \quad (8)$$

kde D_a je součinitel difúze vodní páry ve vzduchu.

Sorpční a desorpční izotermy byly získány exsíkátorovou metodou paralelně. Vysušené vzorky pro sorpční izotermy a navlhnuté na maximální hygroskopickou vlhkost pro desorpční izotermy byly umístěny v exsíkátorech s různými solnými roztoky a známou konstantní vlhkostí vzduchu. Hmotnost vzorků byla sledována až do ustálení, potom byla vypočtena vlhkost ve vzorcích.

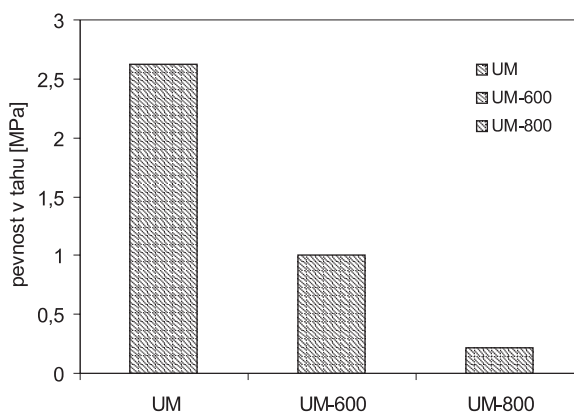
Výsledky a diskuze

■ Tabulka 2 ukazuje závislost základních parametrů materiálu na tepelném zatížení. Nejvýraznější změnu pórovitosti můžeme pozorovat mezi vzorky nezatíženými a zatíženými teplotou 600 °C, a to více než o 40 %. U vzorků s vyšším tepelným zatížením se rozdíly pohybují do 10 %. Toto zjištění je v souladu s chováním většiny cementových kompozitů obsahujících portlandský cement, u kterých dochází při působení teplot v rozmezí 460 až 480 °C k rozkladu $\text{Ca}(\text{OH})_2$.

Tab. 2. Základní materiálové parametry

Materiál	Ψ_0	w_{sat}	ρ	ρ_{mat}
	[%]		[kg m^{-3}]	
UM	0,25	247	1 872	2 491
UM-600	0,35	352	1 885	2 898
UM-800	0,38	376	1 822	2 929
UM-1000	0,38	374	1 812	2 903

■ Obrázek 1 ukazuje pevnost v tahu pro jednotlivé skupiny vzorků, tab. 3 deformace a pevnost při třibodovém ohybu. Tělesa série UM zatížená teplotou 1 000 °C se při vkládání do zkušebního stroje rozpadala, a nebylo tedy možné zjistit mechanické vlastnosti. Z výsledků je zřejmé, že k největším změnám došlo podobně jako u základních parametrů mezi vzorky nezatíženými a zatíženými 600 °C, kdy pevnost klesla přibližně na třetinu původních hodnot.



Obr. 1. Pevnost v tahu

Tab. 3. Deformace a pevnost při třibodovém ohybu

Vzorek	Deformace [mm]	Pevnost [MPa]
UM	0,68	15,5
UM-600	0,38	4,6
UM-800	0,38	2,6

■ Výsledky uvedené v tab. 4 ukazují, že součinitel tepelné vodivosti v suchém stavu po zatížení vysokými teplotami výrazně klesl. To je v souladu s předpokládaným zvýšením pórovitosti v důsledku chemických rozkladných reakcí, kte-

Tab. 4. Součinitele tepelné vodivosti, teplotní vodivosti a objemová měrná tepelná kapacita pro suché vzorky

Materiál	w	λ	$c^* \rho$	a
	[kg kg ⁻¹]	[Wm ⁻¹ K ⁻¹]	[10 ⁶ Jm ⁻³ K ⁻¹]	[10 ⁻⁶ m ² s ⁻¹]
UM	0	1,226	1,622	0,75
UM-600	0	0,615	1,54	0,499
UM-800	0	0,559	1,515	0,38
UM-1000	0	0,638	1,514	0,422

ré znamenalo nárůst významu součinitele tepelné vodivosti vzduchu ve směsi pevné matrice a vzduchu. Rozhodující teplotou bylo zřejmě 600 °C, protože dále již docházelo jen ke změnám do 10 %. Objemová tepelná kapacita po zatížení vysokými teplotami klesla podstatně méně, do 5 %, což je zřejmě odrazem ztráty hmotnosti v důsledku chemických rozkladných reakcí. Součinitel teplotní vodivosti v podstatě sledoval změny součinitele tepelné vodivosti, které byly významnější než změny objemové tepelné kapacity.

Tab. 5. Součinitele tepelné vodivosti, teplotní vodivosti a objemová měrná tepelná kapacita pro vodou plně nasycené vzorky

Materiál	w	λ	$c^* \rho$	a
	[kg kg ⁻¹]	[Wm ⁻¹ K ⁻¹]	[10 ⁶ Jm ⁻³ K ⁻¹]	[10 ⁻⁶ m ² s ⁻¹]
UM	0,11	1,121	1,769	0,633
UM-600	0,18	1,552	1,825	0,851
UM-800	0,2	1,62	1,893	0,857
UM-1000	0,18	1,893	2,007	0,904

Součinitel tepelné vodivosti ve vodou plně nasyceném stavu (tab. 5) byl výrazně ovlivněn přítomností vody a se zvyšující se teplotou namáhání rostl až o 70 %. To je v souladu se zvýšením pórovitosti po zatížení vysokými teplotami v důsledku chemických rozkladných reakcí, které vedlo k nárůstu významu součinitele tepelné vodivosti vody. Podobný vliv byl pozorován i u hodnot objemové tepelné kapacity, která ovšem rostla poněkud pomaleji (maximálně o 14 %). Nárůst součinitele teplotní vodivosti s teplotou namáhání opět v zásadě sledoval změny součinitele tepelné vodivosti, které byly významnější než změny objemové tepelné kapacity. Výsledky měření součinitele tepelné vodivosti v částečně vodou nasyceném stavu (tab. 6) se kvalitativně shodovaly s výsledky v nasyceném stavu.

Tab. 6. Součinitele tepelné vodivosti, teplotní vodivosti a objemová měrná tepelná kapacita pro různé vlhkostní stavy

Materiál	w	λ	$c^* \rho$	a
	[kg kg ⁻¹]	[Wm ⁻¹ K ⁻¹]	[10 ⁶ Jm ⁻³ K ⁻¹]	[10 ⁻⁶ m ² s ⁻¹]
UM-600	0,15	1,314	1,738	0,754
UM-800	0,15	1,380	1,803	0,766
UM-1000	0,03	0,879	1,665	0,528
UM-600	0,16	1,525	1,745	0,874
UM-800	0,17	1,500	1,840	0,817
UM-1000	0,17	1,450	1,913	0,794

■ Tabulka 7 uvádí výsledky měření transportu kapalné vlhkosti v materiálu UM v absorpčním experimentu z volné vodní hladiny v příčném a podélném směru. Je zřejmé, že v teplotně nezátíženém stavu je transport kapalné vlhkosti ve směru příčném k rovině desky podstatně pomalejší než transport v rovině s deskou rovnoběžné, součinitel vlhkostní vodivosti je o řád nižší. U teplotně zatížených vzorků se ovšem rozdíly mezi oběma směry zmenšují, což je zřejmě způsobeno porušením struktury a otevřením preferenčních cest pro přenos vody i ve směru kolmém na desku. Nárůst součinitele vlhkostní vodivosti teplotně zatížených vzorků v porovnání s referenčními vzorky je vysoký, až o dva řády, což svědčí o tom, že porušení struktury materiálu je po teplotním zatížení velmi výrazné. K největšímu nárůstu součinitele vlhkostní vodivosti dochází mezi referenčním stavem a stavem po zatížení 600 °C, což je v dobrém kvalitativním souladu s výsledky měření pórovitosti a mechanických i tepelných parametrů.

Tab. 7. Součinitele tepelné vodivosti, teplotní vodivosti a objemová měrná tepelná kapacita pro různé vlhkostní stavy

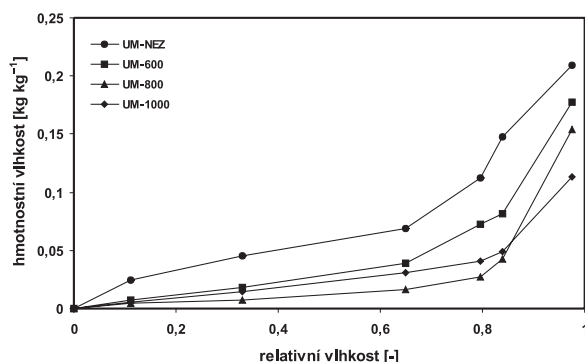
Materiál	A [kg m ⁻² s ^{-1/2}]	κ [m ² s ⁻¹]
příčný směr		
UM	0,011	1,95E-09
UM-600	0,114	1,05E-07
UM-800	0,122	1,57E-07
UM-1000	0,229	3,74E-07
podélný směr		
UM	0,030	1,85E-08
UM-600	0,102	7,69E-08
UM-800	0,139	3,87E-08
UM-1000	0,269	5,30E-07

V tabulce 8 jsou uvedeny hodnoty difúzních parametrů vodní páry v uspořádání wet cup a dry cup. U vzorků zatížených vysokými teplotami součinitel difúze vodní páry výrazně rostl se zvyšující se teplotou zatížení, což je v souladu se zvyšující se pórovostí. Pro zatížení 1 000 °C byl součinitel difúze vodní páry o řád vyšší než v nezátíženém stavu. Součinitel difúze vodní páry v uspořádání dry cup byl, až na jednu výjimku, nižší než v uspořádání wet cup. Tento výsledek je v souladu se zkušenostmi s jinými typy materiálů a je odrazem skutečnosti, že v uspořádání wet cup je částečně zachycen i přenos vody v kapalné formě.

Tab. 8. Difúzní parametry vodní páry

Materiál	97/25–30 %			5/25–30 %		
	δ [s]	D [m ² s ⁻¹]	μ [-]	δ [s]	D [m ² s ⁻¹]	μ [-]
UM	3,08E-12	4,24E-07	55,2	4,09E-12	5,62E-07	40,9
UM-600	9,15E-12	1,26E-07	18,3	8,53E-12	1,17E-07	19,6
UM-800	2,04E-11	2,81E-06	8,2	1,35E-11	1,85E-06	12,4
UM-1000	3,20E-11	4,39E-06	5,2	1,33E-11	1,82E-06	12,6

Obrázek 2 ukazuje, že schopnost adsorpce plynné vlhkosti se stoupající zatěžovací teplotou klesala. To je zřejmě způsobeno změnou distribuce pórů po teplotním zatížení doprovázeném rozkladnými chemickými reakcemi, kdy se sice



Obr. 2. Sorpční izotermy materiálu UM

zvyšuje celkový objem pórů, ale jde o nárůst zejména množství pórů většího průměru, zatímco podíl pórů menšího průměru, které mají podstatně větší měrný povrch, se výrazně snižuje, a tím i adsorpční schopnost materiálu pro vodní páru.

Mňahončáková, E. – Tesárek, P. – Padevět, P. – Toman, J. – Černý, R.: Properties of Glass Fibre Reinforced Cement Composites after Thermal Load

Measurements of tensile strength, bending strength, moisture diffusivity, water vapour diffusion coefficient, sorption isotherm, thermal conductivity and specific heat capacity of a glass fibre reinforced cement composite are presented in this paper. The studied material was subjected to thermal load with loading temperatures of 600, 800 and 1 000 °C.

Závěr

Výsledky měření mechanických, vlhkostních a tepelných vlastností cementového kompozitu vyztuženého skleněnými vlákny zatíženého tepelným namáháním ukazují, že hlavní příčinou změn chování po vystavení vysokým teplotám je rozklad $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Nejvýraznější změny jednotlivých parametrů nastávají mezi vzorky v nezátíženém stavu a vzorky zatíženými teplotou 600 °C, která je již nad teplotou rozkladu $\text{Ca}(\text{OH})_2$.

Článek vznikl za podpory projektu č. 103/06/1474 GA ČR.

Literatura

- [1] Majumdar, A. J. – Laws, V.: Glass Fibre Reinforced Cement. Oxford, BSP 1991.
- [2] Young, J.: Designing with GRC. London, Architectural Press 1978.
- [3] True, G.: GRC Production and Uses. London, Palladian Publications 1986.
- [4] Černý, R. – Poděbradská, J. – Drchalová, J.: Water and Water Vapor Penetration through Coatings. Journal of Thermal Envelope and Building Science, Vol. 26, 2002. pp. 165–177.
- [5] ČSN 72 7031 Měření součinitele difúze vodní páry stavebních materiálů metodou bez teplotního spádu. ČSNI, 1975.

Mňahončáková, E. – Tesárek, P. – Padevět, P. – Toman, J. – Černý, R.: Eigenschaften von glasfaserbewehrten Zementkomposita nach einer Wärmebeanspruchung

Im Artikel werden Messungen der Zug- und Biegefestigkeit, des Wasserdampf-Diffusionsleitkoeffizienten, der Sorptions-Isothermen, des Rechenwerts der Wärmeleitfähigkeit und der spezifischen Wärmekapazität eines glasfaserbewehrten Zementkompositums vorgestellt. Das untersuchte Material wurde einer Wärmebeanspruchung von 600, 800 und 1 000 °C ausgesetzt.

Stavební obzor na CD

Ročníky

2002, 2003, 2004, 2005

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

Cena:

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

Objednávky:

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

• dizertace

Spolpůsobení vlákna ve struktuře betonu

Ing. Oldřich Vlasák

Dizertace se zabývá betonem vyztuženým vlákny. Pro porovnání mechanických vlastností různých typů ocelových vláken se používá nanoindentace. Dále se kontroluje stejnoměrnost rozmístění vláken v průřezu vzhledem k technologii ukládání drátkobetonové směsi. Práce se zabývá i nekovovými vlákny.

Změny struktury společenstva makrozoobentosu podél urbanizačního gradientu

Mgr. Gabriela Štátná

Práce zkoumá vliv antropogenní činnosti na kvalitu vodního ekosystému. Její výsledky lze využít v souvislosti s aplikací Rámcové směrnice pro vodní politiku EU.

Tepelné vlastnosti kompozitního materiálu na bázi alkalicky aktivované strusky s elektroporcelánem za vysokých teplot

Ing. Lucie ZUDA
prof. Ing. Robert ČERNÝ, DrSc.
ČVUT – Fakulta stavební, Praha

prof. RNDr. Pavla ROVNANÍKOVÁ, CSc.
RNDr. Pavel ROVNANÍK, Ph. D.
VUT – Fakulta stavební, Brno

V článku je prezentováno měření tepelných vlastností materiálu na bázi alkalicky aktivované strusky s elektroporcelánem jako plnivem za vysokých teplot. Studovanými veličinami jsou součinitel teplotní vodivosti, měrná tepelná kapacita, součinitel tepelné vodivosti a součinitel teplotní délkové roztažnosti. Všechny tyto parametry jsou určeny v teplotním rozmezí od laboratorní teploty do 1 200 °C.

Úvod

Významným trendem ve vývoji stavebních materiálů je využívání druhotných surovin. Pro alkalickou aktivaci strusky mohou být použity silikátové materiály s pucolánovými, hydraulickými nebo latentně hydraulickými vlastnostmi. Nejvíce vhodná a nejvíce prostudovaná varianta je alkalická aktivace granulované vysokopepční strusky a kaolinitu [1]. Jako plnivo se nejčastěji používá jemný písek, zde byl použit rozdrčený elektroporcelán, který je odpadem při výrobě elektroporcelánových pojistek. Tento materiál by měl být značně odolný vůči vlivu vysokých teplot, což má význam zejména pro zjištění vhodnosti použití ve speciálních podmínkách ve stavebnictví.

V první části měření, provedeného na vzorcích alkalicky aktivované strusky s elektroporcelánem jako pojivem, bylo nutné stanovit vlhkostní a tepelné parametry referenční sady a sad po zatížení vysokými teplotami [2]. V článku jsou prezentovány výsledky experimentů, v nichž byly stanoveny tepelné parametry materiálu na bázi alkalicky aktivované strusky s elektroporcelánem při zatížení teplotami do 1 200 °C.

Materiály a vzorky

Pro výrobu vzorků byla použita jemně mletá struska od firmy Kotouč Štramberk (tab. 1, tab. 2). Pro přípravu alka-

Tab. 1. Chemické složení strusky

SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	MnO	Cl-	Na ₂ O	K ₂ O	SO ₃
[% hm.]									
38,6	0,52	7,22	38,77	12,90	0,50	0,06	0,21	0,38	0,36

Tab. 3. Chemické složení elektroporcelánu

SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂
[% hm.]							
48,6	0,8	45,4	0,3	0,2	1,0	2,9	0,7

Tab. 2. Jemnost mletí strusky

Zbytek na sítu [% hm.]		Měrný povrch [m ² kg ⁻¹]
0,045 mm	0,09 mm	
12,4	1,9	392

lického aktivátoru byl použit roztok vodního skla. Silikát SiO₂ PORTIL-A dodala firma Cognis Iberia. Elektroporcelán s pórovitostí 0,3 % obj., nasákavostí 0,1 % obj., objemovou hmotností 2 350 kgm⁻³ dodala firma P-D Refractories CZ, Velké Opatovice (tab. 3, tab. 4).

Při výrobě vzorků bylo nejprve nutné smístit silikát s vodou na roztok, který byl poté zamíchán do homogenizované směsi strusky s elektroporcelánem. Aby se předešlo tvorbě pórů, plnily se formy jen do 2/3 výšky, poté se směs po dobu 3 s zhutňovala, následně byla doplněna do požadované výšky a opět po dobu 3 s hutněna. Po 24 hodinách byly vzorky (tab. 5) zbaveny forem a uloženy na dalších 27 dní do vodní lázně. Pro měření tepelných parametrů byly použity následující vzorky:

- součinitel teplotní vodivosti
3 vzorky 71 x 71 x 71 mm se zabudovaným teplotním senzorem složeným ze šesti termočlánků chromel-alumel podél osy vzorku;
- měrná tepelná kapacita
3 vzorky 71 x 71 x 71 mm;
- součinitel teplotní délkové roztažnosti
2 vzorky 40 x 40 x 100 mm.

Experimentální metody

■ Součinitel teplotní vodivosti byl určen metodou dvojné integrace na základě teplotních profilů naměřených při jednostranném ohřevu [3]. Tato metoda je založena na aplikaci

Tab. 4. Jemnost mletí elektroporcelánu

Velikost oka [mm]		4	2,5	1	0,5	0,25	0,125	0,09	0,063	0,045
souhrnný zbytek na sítu [% hm.]	frakce 0-1	-	-	0,69	45,24	70,76	89,98	93,40	98,99	99,99
	frakce 1-3	-	4,12	78,33	99,57	99,94	99,94	99,95	98,98	100,00
	frakce 3-6	69,31	95,52	99,97	99,98	99,99	100,00	-	-	-

Tab. 5. Složení směsi pro výrobu vzorků

Elektroporcelán [g]			Struska	Silikát	Záměsová voda [ml]
frakce 0-1	frakce 1-3	frakce 3-6	[g]		
450	450	450	450	90	190

inverzní úlohy vedení tepla, která vychází z rovnice vedení tepla ve tvaru

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(a \frac{\partial T}{\partial x} \right), \quad (1)$$

kde T je teplota, a [m^2s^{-1}] součinitel teplotní vodivosti.

Při řešení inverzní úlohy se předpokládá, že $T(t)$ a $T(x)$ jsou monotónní funkce a zvolí se konstantní teplota $\tau = T(x, t)$. 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. Využijeme-li tohoto faktu, pak integrací rovnice vedení tepla (1) podle x a t dostaneme

$$\int_0^{x_0(\tau, t)} \frac{\partial T}{\partial t}(x, t) dx dt = a(\tau) \int_{t_1}^{t_2} \frac{\partial T}{\partial x}(x_0(\tau, t), t) dt + \int_{t_1}^{t_2} \frac{q(0, t)}{\rho(\tau) c(\tau)} dt \quad (2)$$

a odtud po řadě algebraických úprav [3] součinitel teplotní vodivosti v závislosti na teplotě

$$a(\tau) = \frac{1}{\int_{t_1}^{t_2} \frac{\partial T}{\partial x}(x_0(\tau, t), t) dt} \left(\int_0^{x_0(\tau, t_2)} T(x, t_2) dx - \int_0^{x_0(\tau, t_1)} T(x, t_1) dx - \tau [x_0(\tau, t_2) - x_0(\tau, t_1)] - \int_0^1 [T(x, t_2) - T(x, t_1)] dx \right) \quad (3)$$

Určení teplotních profilů ve vzorku, potřebných pro aplikaci řešení inverzní úlohy vedení tepla ve tvaru (3), je založeno na využití speciálně upravené pece. Vzorek je v kontaktu s prostředím pece pouze jedním čelem. Boční strany jsou tepelně izolovány, čímž je zajištěno jednorozměrné vedení tepla. Pec je opatřena dvěma dvířky. Plná dvířka jsou určena k udržení požadované konstantní teploty v peci. Druhá dvířka jsou opatřena otvorem velikosti vzorku. Měre-

ný vzorek se vloží do dvířek a pro zajištění tepelné izolace podél stěn vzorku se vzniklé mezery utěsní tepelně izolačním materiálem. Po vytemperování pece se dvířka vymění a vzorek je vystaven jednostrannému ohřevu. Teplotní senzory umístěné podél osy vzorku (termočlánky chromel-alumel) umožňují zaznamenávat teplotní pole v návaznosti na měřicí jednotku a počítač. Z křivek $T(x, t_i)$ je jich vybráno 8 až 10, a ty jsou pak použity pro výpočet součinitele teplotní vodivosti a .

■ Měrná tepelná kapacita c [$\text{Jkg}^{-1}\text{K}^{-1}$] byla určována v závislosti na teplotě v neadiabatickém směšovací kalorimetru s kalibrovanými tepelnými ztrátami [4]. Do kalorimetru naplněného vodou se vhodí vzorek vyhřátý na požadovanou teplotu. Známe-li počáteční teplotu vody v kalorimetru a teplotu vody po vyrovnání včetně oprav na tepelné ztráty, získáme změnu entalpie vzhledem k jisté referenční hodnotě. Provedeme-li sadu měření pro různé teplotní zatěžovací stavy vzorku, získáme entalpii odpovídající příslušným teplotám. Tyto hodnoty můžeme pak vynést do grafické závislosti entalpie h [Jkg^{-1}] jako funkce teploty T [K]. Regresní analýzou této bodově zadané funkce získáme spojitou funkci $h(T)$ a podle definičního vztahu pro měrnou tepelnou kapacitu

$$c(T) = \frac{\partial h}{\partial T} \quad (4)$$

dostaneme funkci $c(T)$ jako první derivaci analyticky vyjádřené spojitě funkce entalpie h podle teploty T .

■ Součinitel tepelné vodivosti λ [$\text{Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$] byl pro každou teplotu určen na základě znalosti měrné tepelné kapacity c [$\text{Jkg}^{-1}\text{K}^{-1}$], hustoty materiálu ρ [kgm^{-3}] a součinitele teplotní vodivosti a [m^2s^{-1}] podle rovnice

$$\lambda = a \cdot c \cdot \rho \quad (5)$$

■ Teplotní délkovou roztažností materiálu rozumíme změnu rozměrů tělesa z něho zhotoveného se změnou teploty za stálého tlaku [5]. Podle toho, zda uvažujeme změnu délkových rozměrů, nebo objemu, mluvíme o roztažnosti délkové, nebo objemové. Obvykle je součinitel teplotní délkové roztažnosti α [K^{-1}] definován pomocí vztahu

$$dl = l_0 \cdot \alpha \cdot dT \quad (6)$$

kde l_0 [m] je počáteční délka vzorku při teplotě T_0 [K], dl [m] je prodloužení vzorku při změně teploty o dT [K].

Pro měření součinitele délkové teplotní roztažnosti poréz- ních materiálů za vysokých teplot byla vyvinuta experimentální metoda [6] založená na komparativním principu. Základem zařízení je speciálně upravená pec s otvorem pro

vložení materiálů válcovitého tvaru z horní strany pece. Konstrukce pece umožňuje měřit současně dva vzorky postavené svísele vedle sebe. Z víka kónického tvaru jsou vyvedeny čtyři termočlánky různé délky směřující do středu pece. Další dva termočlánky, umístěné uvnitř pece, sledují teplotu v její dolní a horní části. Všechny šest termočlánků je napojeno na záznamovou jednotku. Ve víku pece jsou dva úzké otvory, jimiž prochází dvě identické keramické tyčinky zajišťující detekci délkových změn v prostoru mimo pec. Údaje digitálních úchytkoměrů s přesností $\pm 1 \mu\text{m}$ kontinuálně registruje záznamová jednotka. Navržený princip měření teplotní délkové roztažnosti je založen na sledování dvou různých materiálů současně. Jedním z nich je standardní materiál, což znamená, že známe průběh α v závislosti na teplotě. U druhého materiálu tuto závislost zjišťujeme. Teplotní pole v peci není homogenní, protože dochází k tepelným ztrátám u stěn a u víka pece. Proto se pro výpočet α uvažuje průměrná teplota vypočtená na základě údajů ze šesti termočlánků. Za vhodný standardní materiál je možno považovat nekorodující a teplotně stabilní kovy se známým průběhem teplotní délkové roztažnosti. Vzhledem k parametrům pece je nejvhodnějším vzorkem váleček o průměru 2 až 3 cm a délce 10 až 12 cm. Měření probíhá v rozsahu od T_0 do T . Pec je spuštěna při běžné teplotě T_0 . V této chvíli má vzorek počáteční délku l_0 . Teplota v peci se nechá ustábit a na měřicím zařízení se odečítá celkový přírůstek délky vzorku a tyčinky Δl . Její odečítání trvá do ustálení hodnoty. Ustálená hodnota se bere pro výpočet α pro danou teplotu T_i měřeného materiálu. Pro výpočet součinitele teplotní délkové roztažnosti za vysokých teplot je rovnice (6) upravena podle použité měřicí metody [6] do tvaru

$$\Delta l(T_i) = \Delta l_m(T_i) - \Delta l_s(T_i) + l_{0,s} \int_{T_0}^{T_i} \alpha_s(T) dT \quad (7)$$

V rovnici (7) jsou Δl_m , Δl_s konečné délkové změny studovaného materiálu a standardu, $l_{0,s}$ je počáteční délka standardu a α_s je známý součinitel délkové teplotní roztažnosti pro standard. Odpovídající hodnota pro relativní prodloužení může být vyjádřena tvarem

$$\varepsilon(T_i) = \frac{\Delta l(T_i)}{l_{0,m}} \quad (8)$$

kde $l_{0,m}$ je počáteční délka měřeného materiálu. Součinitel teplotní délkové roztažnosti je pak určen na základě relativního prodloužení podle vztahu

$$\alpha(T) = \frac{d\varepsilon(T)}{dT} \quad (9)$$

Při stanovení součinitele teplotní délkové roztažnosti za vysokých teplot byl vzorek na počátku měření vystaven vlivu laboratorního prostředí s teplotou cca 25 °C, relativní vlhkosti okolo 50 %. Dále byl postupně zatěžován na vyšší teplotu podle zatěžovacího stavu a na tomto stavu zůstal po dobu 5 hodin, kdy se předpokládalo ustálení.

Výsledky a diskuze

Hodnoty objemové hmotnosti a otevřené pórovitosti v závislosti na teplotě, určené běžnou termogravimetrickou metodou a v případě pórovitosti pomocí vakuové nasákovosti, jsou uvedeny v tab. 6. Je patrné, že dochází k pozvolnému nárůstu pórovitosti až do 600 °C, významně vzroste mezi

Tab. 6. Objemová hmotnost a otevřená pórovitost v závislosti na teplotě

zatěžovací stav [°C]	25	200	400	600	800	1 000	1 200
objemová hmotnost [kgm ⁻³]	2 101	2 184	2 105	2 164	1 977	1 948	2 117
otevřená pórovitost [m ³ m ⁻³]	0,21	0,23	0,24	0,24	0,28	0,29	0,21

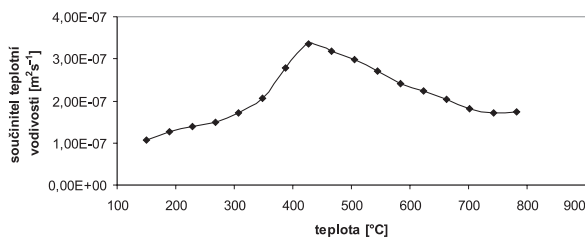
600 a 800 °C a maxima dosáhne na 1 000 °C. U objemové hmotnosti je průběh opačný, její hodnoty pozvolna klesají, až dosáhnou minima při 1 000 °C, což koresponduje s průběhem otevřené pórovitosti.

V tabulce 7 je uvedena pevnost v tlaku a v tahu za ohybu v závislosti na teplotním zatížení. Změny těchto parametrů s nárůstem teploty korespondují s průběhem otevřené pórovitosti a objemové hmotnosti až do zatížení na 1 000 °C. Při zatížení na 1 200 °C dochází k náhlému nárůstu pevnosti, a to dokonce výrazně nad hodnoty naměřené v referenčním stavu, přičemž pórovitost je zhruba stejná jako u teplotně nezátížených vzorků. Toto zpevnění struktury je zřejmě důsledkem vzniku keramické vazby.

Tab. 7. Porovnání mechanických vlastností v závislosti na teplotním zatížení

Zatěžovací stav [°C]	Pevnost [MPa]	
	v ohybu	v tlaku
25	3,7	49,9
200	3,6	49,7
400	3,1	39,1
600	3,0	32,6
800	3,4	15,7
1000	3,7	19,1
1200	21,4	95,3

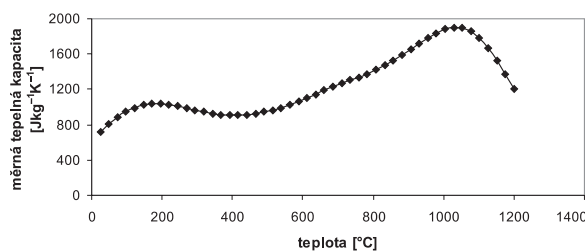
Na obrázku 1 je znázorněna závislost součinitele teplotní vodivosti na teplotě. Je zřejmé, že součinitel teplotní vodivosti se nejprve zvýší mezi 150 a 400 °C, pak nastane pokles. Pravděpodobným důvodem těchto změn je, že použitá metoda měření součinitele teplotní vodivosti je dynamická, a tedy zjištěný součinitel není klasickým součinitelem teplotní vodivosti definovaným pouze pomocí vedení tepla, ale zobecněným součinitelem, který zahrnuje jednak vliv proudění a záření, jednak energetické vlivy chemických reakcí probíhajících v materiálu za vyšších teplot. Vzhledem k významným teplotním gradientům ve vzorku součinitel teplotní vodivosti určený metodou dvojnásobné integrace na základě teplotních profilů totiž zřejmě nezahrnuje jen vedení tepla, ale též částečně přenos tepla prouděním a zářením, které se zvýšením teploty, a zejména gradientu teploty, nabývají na významu. Se zvýšením pórovitosti se zvětšuje prostor, kde se může proudění a záření uplatnit, a tedy i jejich relativní význam. Podstatným faktorem pro zvýšení součinitele tep-



Obr. 1. Součinitel teplotní vodivosti v závislosti na teplotě

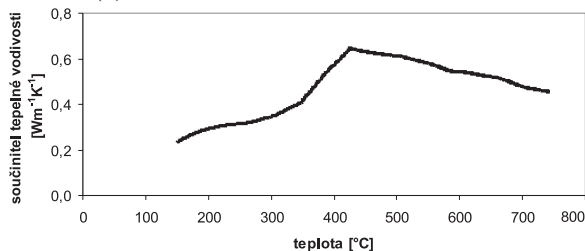
lotní vodivosti v uvedeném teplotním rozsahu mohou být též probíhající chemické reakce, které jsou pravděpodobně důvodem zvýšení pórovitosti.

Na obrázku 2, znázorňujícím závislost měrné tepelné kapacity na teplotě, je vidět, že funkce $c(T)$ dosahuje prvního lokálního maxima okolo 200 °C, potom dojde k mírnému poklesu na 400 °C, a pak začne mírně růst až do 1 000 °C. Tento charakter závislosti měrné tepelné kapacity na teplotě je charakteristický pro řadu materiálů na bázi silikátových pojiv [7].



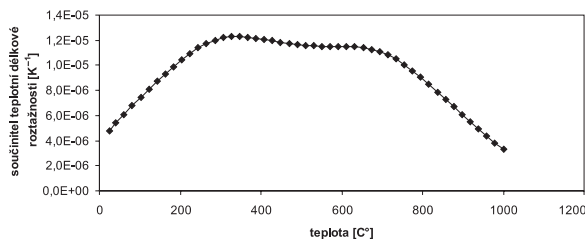
Obr. 2. Měrná tepelná kapacita v závislosti na teplotě

Na obrázku 3 je vidět průběh součinitele tepelné vodivosti v závislosti na teplotě, vypočítaný na základě součinitele teplotní vodivosti, měrné tepelné kapacity a objemové hmotnosti. Je zřejmé, že funkce $\lambda(T)$ v podstatě sleduje průběh funkce $a(T)$.



Obr. 3. Součinitel tepelné vodivosti v závislosti na teplotě

Výsledky měření součinitele teplotní délkové roztažnosti α jsou patrné z obr. 4. Největšího nárůstu dosahuje součinitel teplotní délkové roztažnosti kolem 300 °C, pak je průběh téměř konstantní až do teploty okolo 700 °C, kde dochází ke zlomu a teplotní délková roztažnost začne klesat až do 1 000 °C. Tyto změny poměrně dobře korespondují se změnami objemové hmotnosti a pórovitosti v tab. 6 a odrážejí vliv změn struktury způsobených chemickými reakcemi v oblasti vyšších teplot.



Obr. 4. Součinitel teplotní délkové roztažnosti v závislosti na teplotě

Závěr

V článku byla analyzována měrná tepelná kapacita, součinitel teplotní délkové roztažnosti a součinitele teplotní a tepelné vodivosti kompozitního materiálu na bázi alkalicky aktivované strusky s elektroporcelánem jako plnivem. Měření probíhalo za vysokých teplot do 1 200 °C. Výsledky experimentů ukazují, že materiál dosahuje poměrně velmi dobré stálosti za vysokých teplot, což ukazuje zejména součinitel teplotní délkové roztažnosti. Tento jev je pozitivní a naznačuje vhodnost využití tohoto materiálu ve stavebnictví v podmínkách, kde se očekávají vyšší teploty (stěny tunelů, šachet atd.), případně jako požárně ochranná vrstva.

Článek vznikl za podpory projektu č. 103/04/0139 GA ČR.

Literatura

- [1] Douglas, E. – Brandštetr, J.: A Preliminary Study on the Alkali Activation of Ground Granulated Blast-furnace Slag. Cement and Concrete Research, 20, 1990, pp. 746–756.
- [2] Zuda, L. – Černý, R. – Drchalová, J.: Vlhkostní a tepelné parametry alkalicky aktivované strusky s elektroporcelánem. Stavební obzor, 15, 2006, č. 5, s. 134–137.
- [3] 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.), University of Porto, 1995, pp. 299–308.
- [4] Toman, J. – Černý, R.: High Temperature Measurement of the Specific Heat of Building Materials. High Temperatures-High Pressures, 25, 1994, pp. 643–647.
- [5] Horák, Z.: Praktická fyzika. Praha, SNTL 1958.
- [6] Toman, J. – Koudelová, P. – Černý, R.: A Measuring Method for the Determination of Linear Thermal Expansion of Porous Materials at High Temperatures. High Temp.–High Press., 31, 1999, pp. 595–600.
- [7] Černý, R. – Toman, J. – Šesták, J.: Measuring the Effective Specific Heat of Building Materials. Thermochemica Acta, 282/283, 1996, pp. 239–250.

Zuda, L. – Černý, R. – Rovnaníková, P. – Rovnaník, P.: Thermal Properties of a Composite Material on the Basis of Alkali Activated Slag with Electrical Porcelain at High Temperatures

This paper presents measurement of thermal properties of a composite material on the basis of alkali activated slag with electrical porcelain aggregates at high temperatures. Thermal diffusivity, the specific heat capacity, thermal conductivity and linear thermal expansion coefficient are the analyzed parameters which are determined in the temperature range from laboratory temperature to 1 200 °C.

Zuda, L. – Černý, R. – Rovnaníková, P. – Rovnaník, P.: Wärmetechnische Eigenschaften eines Kompositmaterials auf Basis alkalisch aktivierter Schlacke mit Elektroporzellan bei hohen Temperaturen

Im Artikel wird die Messung der wärmetechnischen Eigenschaften eines Materials auf Basis alkalisch aktivierter Schlacke mit Elektroporzellan als Füllstoff bei hohen Temperaturen präsentiert. Die untersuchten Größen sind der Wärmedurchlasskoeffizient, die spezifische Wärmekapazität, der Rechenwert der Wärmeleitfähigkeit und der Wärmedehnkoeffizient. Alle diese Parameter werden in der Spanne von der Labortemperatur bis zu 1 200 °C bestimmt.

Stavebně fyzikální hledisko napadení kontaktních zateplovacích systémů řasami

Ing. Jan FICENEC
 ČVUT – Fakulta stavební
 Praha

Článek je věnován výskytu řas na povrchu vnějších kontaktních zateplovacích systémů s důrazem na stavebně fyzikální vlivy. Za nejvýznamnější lze považovat výměnu tepelné energie ve formě dlouhovlnné radiace mezi konstrukcí a oblohou, která způsobuje prochlazování vnějšího povrchu a celkově ovlivňuje jeho tepelně vlhkostní chování. Závěrem jsou uvedena základní preventivní a restriktivní opatření.

Úvod

Výskyt řas na vnějším povrchu kontaktních zateplovacích systémů (ETICS – External Thermal Insulations Composite Systems) je v poslední době, v souvislosti s rozvojem dodatečného zateplení obvodových stěn kontaktním způsobem, často diskutovaným problémem (obr. 1). Cílem příspěvku je poukázat na úzkou souvislost mezi napadením řasami a specifickou stavebně fyzikální dispozicí vnějšího povrchového souvrství systému.



Obr. 1. Příklad dodatečně zatepleného objektu napadeného řasami

Příčiny výskytu řas

Za jeden ze základních předpokladů je možné považovat dostatečnou dotaci vlhkosti. Nejčastějším zdrojem (nikoli však jediným) jsou dešťové srážky. V místech na fasádě, která jsou proti nim chráněna (předstupující konstrukce balkonů, oplechování atik a parapetů atd.), k výskytu řas prakticky nedochází (obr. 2). Podrobně se příčinám výskytu řas na stavebních objektech věnuje prof. Wasserbauer [1], proto se v dalším textu zaměříme pouze na oblast stavební fyziky.

Stavebně fyzikální vlivy

Výskyt řas bývá nejčastěji pozorován na severních (popř. severovýchodních/západních) fasádách objektů s aplikovaným kontaktním zateplovacím systémem. Z toho vyplývá,



Obr. 2. Vliv oplechování okenního parapetu na výskyt řas

že stěny s omezeným, popř. žádným dopadajícím slunečním zářením, které zásadně ovlivňuje rychlost odparu vody z povrchu fasády, jsou k napadení náchylnější. Příčinou bývá omezený tepelný tok vlivem nízkého součinitele prostupu tepla. Toto omezení má za následek nízkou teplotu vnějšího povrchu, a tím i redukci rychlosti odparu vlhkosti z povrchu konstrukcí, pokud není podpořeno slunečním zářením. Vzniklý vodní film na povrchu fasády, který umožňuje růst řas, zůstává delší dobu. Toto tvrzení má však omezenou platnost:

- pro výskyt řas je kritický zejména podzim, kdy rozdíly mezi teplotou vzduchu v interiéru a exteriéru nejsou tak významné, aby se výrazně projevil vliv rozdílu v součiniteli prostupu tepla mezi zateplenými a nezateplenými konstrukcemi;
- nezohledňuje vliv nestacionárního působení okrajových podmínek – zejména prochlazování povrchové úpravy působením dlouhovlnné radiace.

Z hlediska stavebně fyzikálního působí na libovolnou konstrukci okrajové podmínky **vnitřní**, tj. teplota a relativní vlhkost vnitřního vzduchu, a **vnější**, a to teplota a relativní vlhkost vnějšího vzduchu, tepelný tok ve formě krátkovlnného záření, tepelný tok ve formě dlouhovlnného záření, vítr (rychlost a směr) a dešťové srážky. Podstatný je vliv dešťových srážek a radiace.

Tepelný tok na vnějším povrchu ve formě radiace

Skládá se ze složky krátkovlnné a dlouhovlnné. Krátkovlnný tok na libovolně orientované a skloněné ploše lze vy-

jádrít vztahem

$$q_{sw} = \alpha_{sw} \left(q_{sw,dir} \cdot \cos(\eta) + q_{sw,dif} \cdot \cos^2\left(\frac{\beta}{2}\right) + \alpha_{Alb} (q_{sw,dir} + q_{sw,dif}) \cdot \cos^2\left(\frac{\beta}{2}\right) \right), \quad (1)$$

- kde q_{sw} je výsledné krátkovlnné záření na povrchu konstrukce [W/m²];
 $q_{sw,dir}$ – přímé sluneční záření měřené na horizontální ploše [W/m²];
 $q_{sw,dif}$ – difúzní krátkovlnné záření měřené na horizontální ploše [W/m²];
 α_{sw} – součinitel pohltivosti krátkovlnného záření;
 η – úhel dopadu přímého slunečního záření v závislosti na výšce a azimutu slunce, sklonu a orientaci konstrukce;
 β – sklon konstrukce (pro svislou stěnu $\beta = 90^\circ$);
 α_{Alb} – odrazivost okolních ploch pro krátkovlnné záření.

V rovnici (1) vyjadřuje první dvojčlen dopadající přímé sluneční záření, druhý dvojčlen dopadající difúzní krátkovlnné záření, třetí dopadající krátkovlnné záření odražené od okolních ploch.

Dlouhovlnná radiace se pak projevuje výměnou tepelné energie mezi konstrukcí, okolím a oblohou. Rovnice popisující výslednou bilanci dlouhovlnného záření na vnějším povrchu má tvar

$$q_{lw} = \varepsilon_s \cdot \cos^2\left(\frac{\beta}{2}\right) (q_{lw,sky} - \sigma T_s^4) + \frac{1}{\frac{1}{\varepsilon_g} + \frac{1}{\varepsilon_s} - 1} \cdot \sigma \cdot \sin^2\left(\frac{\beta}{2}\right) (T_g^4 - T_s^4), \quad (2)$$

- kde q_{lw} je výsledné dlouhovlnné záření na povrchu konstrukce [W/m²];
 $q_{lw,sky}$ – dlouhovlnné záření na horizontální ploše stanovené měřením, popř. výpočtem [W/m²];
 T_s – teplota povrchu konstrukce [K];
 T_g – teplota okolních ploch [K];
 ε_s – emisivita povrchu konstrukce;
 ε_g – emisivita okolních ploch;
 σ – Stefanova-Bolzmannova konstanta ($5,67 \cdot 10^{-8} \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-4}$);
 β – sklon konstrukce (pro svislou stěnu $\beta = 90^\circ$).

V rovnici (2) vyjadřuje první část výměny energie ve formě dlouhovlnné radiace mezi konstrukcí a oblohou, druhá část mezi konstrukcí a okolím. Pro obecné výpočty je možno připustit zanedbání sálání z konstrukce do okolí [3]. Toto zjednodušení vychází ze skutečnosti, že teplotu okolních povrchů většinou přesně neznáme a lze předpokládat, že teplota okolí se blíží povrchové teplotě konstrukce. Druhým, možno uvést zásadnějším problémem, je v tomto případě stanovení povrchové teploty T_s , na níž je tepelný tok z konstrukce přímo závislý. Mnoho numerických modelů zjednodušeně nahrazuje povrchovou teplotu konstrukce teplotou vzduchu. Rovnice (2) pak získá tvar

$$q_{lw} = \varepsilon_s \cdot \cos^2\left(\frac{\beta}{2}\right) (q_{lw,sky} - \sigma T^4), \quad (3)$$

- kde q_{lw} je výsledné dlouhovlnné záření na povrchu konstrukce [W/m²];

- $q_{lw,sky}$ – dlouhovlnné záření na horizontální ploše stanovené měřením, popř. výpočtem [W/m²];
 T – teplota vnějšího vzduchu [K];
 ε_s – emisivita povrchu konstrukce;
 σ – Stefanova-Bolzmannova konstanta ($5,67 \cdot 10^{-8} \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-4}$);
 β – sklon konstrukce (pro svislou stěnu $\beta = 90^\circ$).

Pro výsledný tepelný tok ve formě radiace na vnějším povrchu stavební konstrukce pak platí

$$q_{rad} = q_{sw} + q_{lw}. \quad (4)$$

Podrobnosti o výpočtu tepelného toku ve formě radiace na povrchu stavební konstrukce uvádí např. [4].

Modelový příklad

Pokusme se nyní problematiku dokumentovat výpočtem a porovnáním dvou typů konstrukcí, které je možno označit za běžné. Jednou je zdivo z plynosilikátových tvárníc s kontaktním zateplovacím systémem, druhou jednovrstvé zdivo z plynosilikátových tvárníc (tab. 1). Je třeba upozornit, že plynosilikátové zdivo nespĺňuje požadavky ČSN 73 0540-2 [6] na součinitel prostupu tepla U , pro modelový případ však lze tuto konstrukci považovat za dostatečně názornou.

Parametry materiálu byly použity z databáze simulačního softwarového nástroje WUFI [3]. Vnitřní okrajové podmínky byly uvažovány standardní pro bytové či občanské stavby $\Theta_i = 21^\circ\text{C}$ a $\phi_i = 50\%$. Jako vnější okrajové podmínky byla použita data ve formátu TRY [5]. Vliv dešťových srážek byl zanedbán. Orientace konstrukce byla uvažována severozápadní, odstín povrchové úpravy světlý se součinitelem pohltivosti slunečního záření $\alpha_{sw} = 0,4$ a emisivitou vnějšího povrchu $\varepsilon_s = 0,9$.

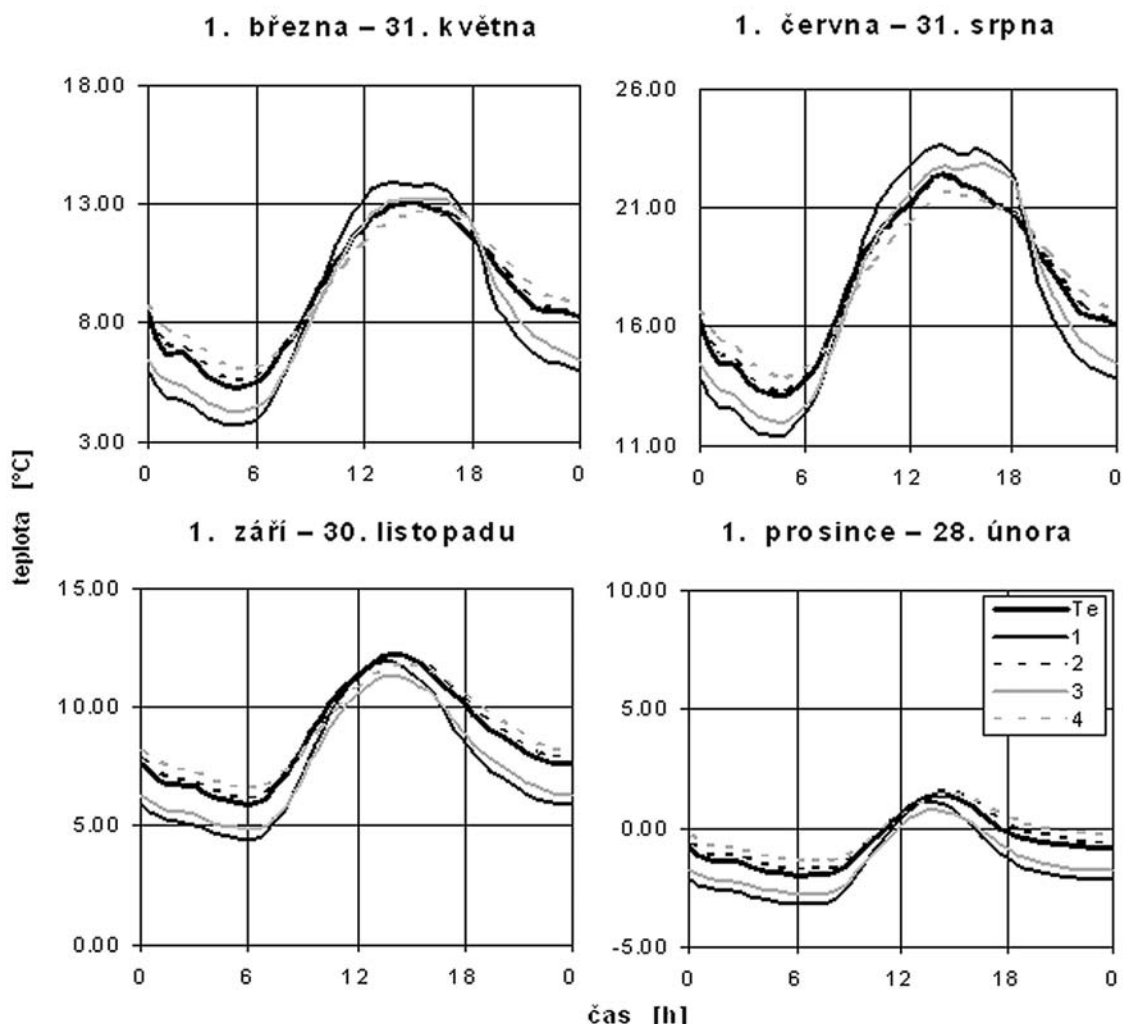
Tab. 1. Skladba modelových konstrukcí

Skladba	Zdivo	
	ETICS	jednovrstvé
od interiéru	– omítka vápenná – plynosilikátové zdivo, tl. 250 mm – tepelná izolace z EPS, tl. 130 mm – vnější souvrství (na akrylátové bázi), tl. 5 mm	– omítka vápenná – plynosilikátové zdivo, tl. 375 mm – vnější omítka vápenocementová, tl. 10 mm
součinitel prostupu tepla U [Wm ⁻² K ⁻¹]	0,20	0,42

Obě konstrukce byly posouzeny pomocí simulačního softwaru WUFI s uvažováním dvou variant vnějších okrajových podmínek:

- působení teploty, relativní vlhkosti, krátkovlnné a dlouhovlnné radiace;
- pouze působení teploty a relativní vlhkosti (může nastat například u spodních podlaží objektů v řadové zástavbě zastíněných protějšími budovami).

Nejprve se zaměříme na teplotu vnějšího povrchu konstrukcí (obr. 3). Je zřejmé, že mezi konstrukcí s vlivem dlouho-



Obr. 3. Průměrný denní cyklus teplot na vnějším povrchu v jednotlivých ročních obdobích v porovnání s teplotou vnějšího vzduchu (T_e) stanovených výpočtem

1 – na konstrukci (ETICS) s vlivem radiace, 2 – na jednovrstvém zdivu s vlivem radiace, 3 – na konstrukci (ETICS) bez uvažování vlivu radiace, 4 – na jednovrstvém zdivu bez uvažování vlivu radiace

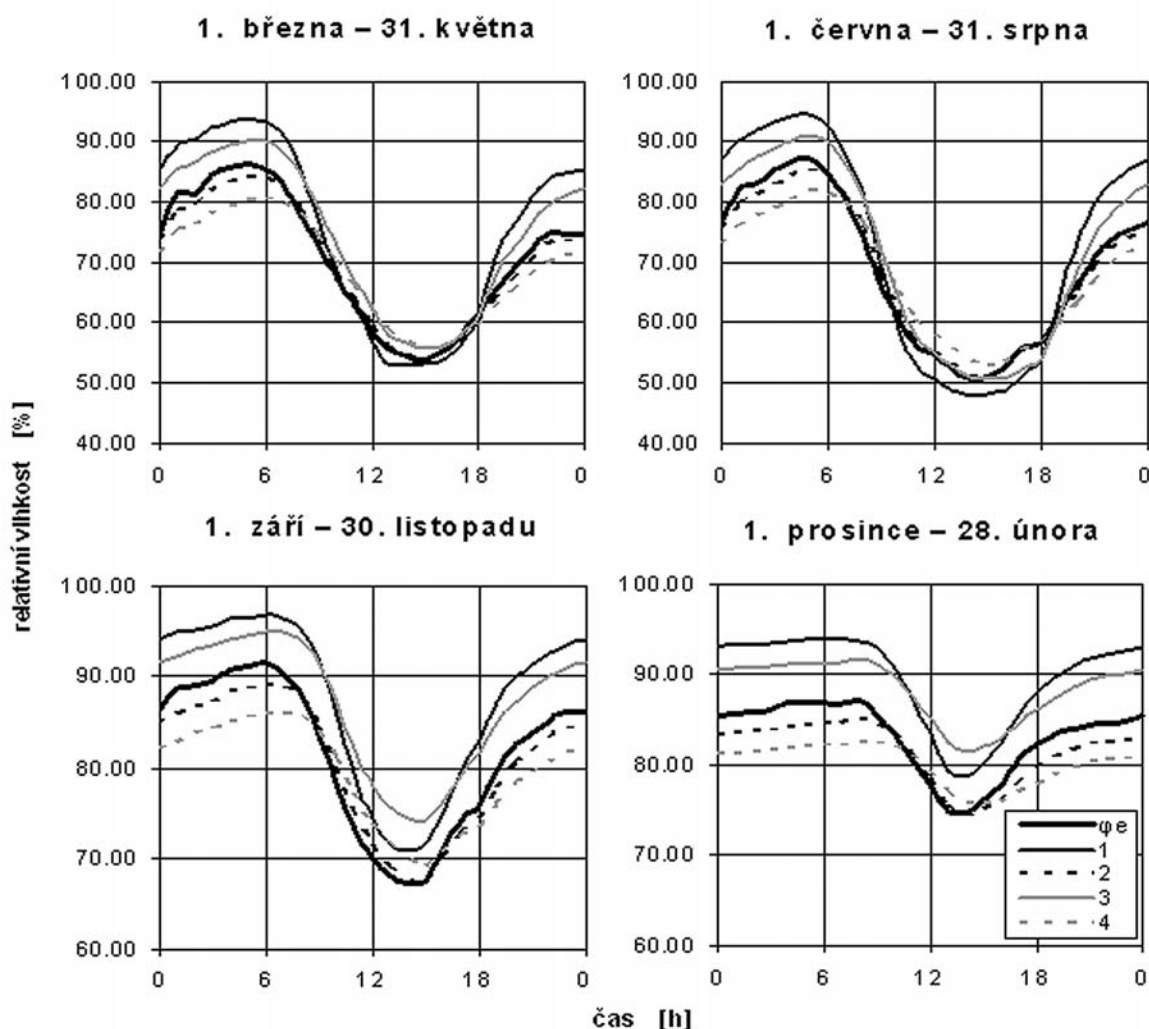
vlnného záření a oblohou dochází zvláště během nočních hodin k poklesu povrchových teplot pod teplotu okolního vzduchu. Výrazněji se prochlazování vnější povrchové vrstvy, podle předpokladu, projevuje u konstrukce se zateplovacím systémem. Důvodem je omezená tepelná kapacita povrchového souvrství, resp. nízký součinitel teplotní vodivosti a [m^2s^{-1}]. Je ovšem nutno zdůraznit, že nejde pouze o vlastní tenkovrstvou povrchovou úpravu, nýbrž i o podkladovou konstrukci. Z výpočtů rovněž vyplývá, že v případě zvolené orientace konstrukce během podzimních a zimních měsíců povrchová teplota nepřesahuje teplotu vnějšího vzduchu. Právě tato skutečnost má za následek zpomalení výparu vlhkosti z povrchu konstrukce, a tím zvýšení rizika vzniku řas. Pokud vliv radiace není zahrnut, k nočnímu prochlazování nedochází.

Povrchová teplota konstrukce přímo ovlivňuje relativní vlhkost na vnějším povrchu, resp. povrchovou kondenzaci (obr. 4). Jak již bylo uvedeno, nejpříznivější podmínky pro rozvoj řas nastávají během podzimu. V grafu na obr. 5 je porovnávána relativní vlhkost na vnějším povrchu zateplovacího systému a jednovrstvého zdiva. Je patrné, že při extrémní vlhkosti vnějšího vzduchu může docházet ke kondenzaci na obou konstrukcích, ovšem větší vlhkostní zatížení lze pozorovat u konstrukce se zateplovacím systémem.

Výslednou vlhkostní bilanci povrchového souvrství ovlivňují parametry povrchové úpravy a podkladu. Zatímco v tepelné izolaci z pěnového polystyrenu (ale i z minerálních vláken) k transportu vlhkosti v kapalně fázi nedochází, ve struktuře pórobetonu ano. To způsobuje, že vlhkost v povrchové úpravě zateplovacího systému se akumuluje více než vlhkost ve vnější omítce na jednovrstvém zdivu, která se může snadněji šířit do zdiva. Tlustší povrchová úprava na jednovrstvém zdivu má větší „vlhkostní setrvačnost“ a proměnné vlhkostní zatížení se na jejím povrchu neprojevuje tak výrazně jako u povrchové úpravy kontaktního zateplovacího systému. To potvrzuje i průběh relativní vlhkosti na rozhraní povrchové úpravy a tepelné izolace, resp. zdiva (obr. 6). Právě celkovou vlhkostní bilanci povrchového souvrství (nejen vnějšího povrchu) je možno považovat pro výskyt řas za rozhodující.

Opatření

Výzkumy jednoznačně ukazují, že řešení pomocí stavebně fyzikálních opatření nepřináší očekávané výsledky. Tím je myšleno zvětšování tloušťky povrchové úpravy, aby se omezilo její prochlazování či snižování emisivity vnějšího



Obr. 4. Průměrný denní cyklus relativní vlhkosti na vnějším povrchu v jednotlivých ročních obdobích v porovnání s relativní vlhkostí vnějšího vzduchu φ_e stanovených výpočtem

1 – na konstrukci (ETICS) s vlivem radiace, 2 – na jednovrstvém zdivu s vlivem radiace, 3 – na konstrukci (ETICS) bez uvažování vlivu radiace, 4 – na jednovrstvém zdivu bez uvažování vlivu radiace

povrchu. Klíčem k prevenci je proto jednoznačně úprava materiálových vlastností – chemických vlastností pojiv a plniv, úprava pH, popř. doplnění biocidních složek.

Hlavní snahou musí být omezení nasákavosti povrchové úpravy vhodným hydrofobním nátěrem. Její skladbu je nutné navrhovat a aplikovat tak, aby byla omezena akumulace vlhkosti. Při návrhu je nutné kromě difúzní tloušťky povrchové vrstvy sledovat rovněž nasákavost. Z hlediska současného poznání se jako nejvhodnější ukazují silikonově pryskyřičné materiály (omítky a fasádní barvy). Mikroporézní struktura zajišťuje vysokou hydrofobitu povrchu při zajištění dobré propustnosti pro vodní páru. Hydrofobní nastavení a nízký difúzní odpor povrchové vrstvy omezuje také její zašpinění. Další možností omezení výskytu řas je přidání biocidních přísad do omítkové hmoty. Většina těchto aditiv je však vylouhovatelna vodou, a proto během určité doby ztrácí své schopnosti. I přesto lze biocidní přípravky považovat i do budoucna za jedno z možných opatření.

Pokud již k výskytu řas na fasádách dojde, je nutné otryskat fasádu vodou o tlaku 50 až 60 bar. Z hlediska současných poznatků se doporučuje přidat do vody biocidní přípravek, který zabrání jejich dalšímu růstu. Po oschnutí se apli-

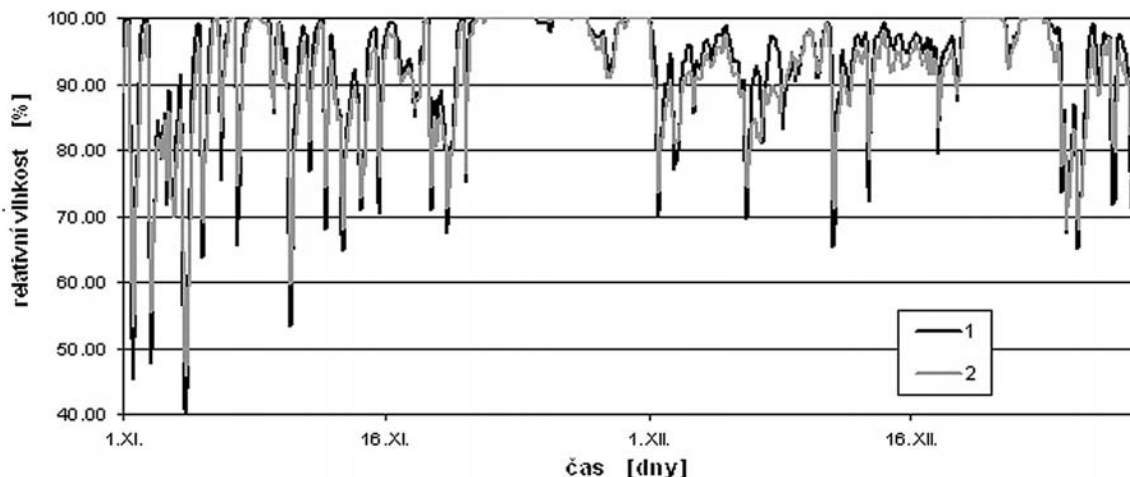
kuje nejprve biocidní nátěr, poté fasádní nátěr (nejlépe na silikonově pryskyřičné bázi) s přídavkem biocidů [1].

Závěr

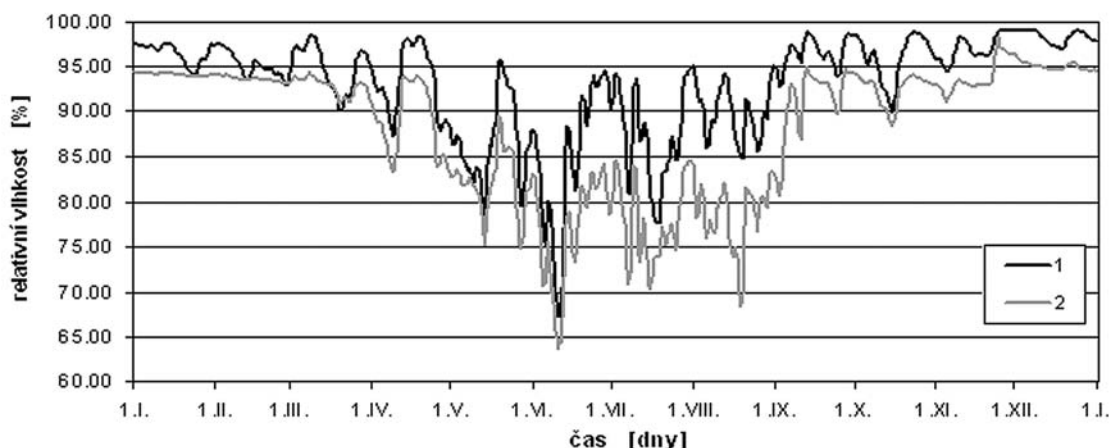
Cílem příspěvku bylo upozornit na výskyt řas z pohledu stavebně fyzikálního. Za zásadní vlivy je možno označit vlhkostní režim vnějšího povrchového souvrství fasády. Kromě dešťových srážek, jejichž vliv byl zmíněn spíše okrajově, lze za podstatné považovat prochlazování vnějšího povrchu zateplovacího systému omezením tepelného toku z interiéru v kombinaci s vyzařováním energie ve formě dlouhovlnné radiace mezi konstrukcí a oblohou.

K působení deště je třeba uvést ještě důležitou poznámku. Při návrhu a aplikaci povrchové úpravy a dalších algicidních opatření zateplovacího systému je nutné věnovat pozornost směru převládajících větrů. Zkušenosti naznačují, že nejčastější výskyt řas je pozorován na fasádách vystavených působení hnaného deště.

Výzkumné práce, zabývající se působením dlouhovlnné radiace na stavební konstrukce [2], poukazují zejména na možnost povrchové kondenzace, pomalejšího vypařování



Obr. 5. Relativní vlhkost na vnějším povrchu konstrukcí stanovená výpočtem s uvažováním vlivu radiace v listopadu až prosinci 1 – na povrchu konstrukce (ETICS), 2 – na jednovrstvém zdivu



Obr. 6. Průběh relativní vlhkosti během roku na rozhraní povrchové úpravy a tepelné izolace (1), resp. zdiva (2), stanovené výpočtem s uvažováním vlivu radiace

dešťových srážek a vzniku kondenzátu. Výsledky numerické analýzy však naznačují zvýšené vlhkosní namáhání celého povrchového souvrství proti „klasickým“ povrchovým úpravám na jednovrstvých zděných konstrukcích. V tomto smyslu je výskyt řas nutno chápat nejen jako estetickou vadu, ale spíše jako indikační prostředek, který poukazuje na tepelné vlhkosní poruchy povrchového souvrství kontaktního zateplovacího systému, které mohou ovlivnit jeho životnost.

Literatura

- [1] Wasserbauer, R.: Řasy na stavebních objektech. Stavební obzor, 15, 2006, č. 5, s. 149–152.
- [2] Künzeli, H. M. – Krus, M. – Sedlbauer, K.: Algen auf Aussenwänden – Bauphysik als Ursache? Bauphysik als Lösung!, Vorträge 3. Dahlberg-Kolloquium, Berlin, Verlag für Bauwesen 2001, s. 75–84.
- [3] Künzeli, H. M.: WUFI 3.3 Pro. IBP; PC-Programme zur Berechnung des gekoppelten Wärme- und Feuchtetransports in Bauteilen. Holzkirchen, 2003.
- [4] VDI 3789 Blatt 2: Umweltmeteorologie – Wechselwirkungen zwischen Atmosphäre und Oberflächen – Berechnung der kurz- und der langwelligen Strahlung. Berlin, 1994.
- [5] Sedlák, J. a kol.: Referenční klimatické roky pro simulaci a hodnocení energetické náročnosti budov v ČR. Projekt č. 103/97/1199 GA ČR, Brno, 1997–1999.
- [6] ČSN 73 0540 Tepelná ochrana budov. ČSNi, 2005.

Příspěvek byl zpracován za podpory výzkumného záměru VZ MSM 6840770005 „Udržitelná výstavba“. Vzorky zateplovacího systému poskytla firma TERMO+, s. r. o.

Ficenc, J.: Building Physics Aspects of Algae Attack of External Thermal Insulation Composite Systems with Rendering

This article deals with the problems of algae occurrence on the surface of external thermal insulation composite systems with rendering (ETICS). It discusses the algae attack conditions with a special emphasis on building physics effects. As indicated, the most significant influence in this respect is the exchange of heat in the form of long wave radiation between the construction and the sky. This long wave radiation induces cooling of the external surface and impacts the hygrothermal behaviour of the rendering system of the ETICS. In the end, the paper presents some basic methods of elimination and prevention of algae.

Ficenc, J.: Bauphysikalischer Aspekt der Veralgung von Wärmedämmverbundsystemen

Der Artikel behandelt das Thema der Veralgung an den Oberflächen äußerer Wärmedämmverbundsysteme (WDVS). Es werden die Voraussetzungen für das Auftreten von Algen genannt, insbesondere mit Akzent auf die bauphysikalischen Einflüsse. Es wird aufgezeigt, dass als am bedeutendsten in dieser Richtung der Austausch von Wärmeenergie in Form langwelliger Strahlung zwischen dem Baukörper und dem Himmelsgewölbe zu betrachten ist, die eine Abkühlung der Außenoberfläche bewirkt und insgesamt das hygrothermische Verhalten der Außenbeschichtung beeinflusst. Zum Abschluss des Artikels werden einige grundlegende restriktive und vorbeugende Maßnahmen gegen das Auftreten von Algen angeführt.

Betonové konstrukce v dopravní infrastruktuře



2. CCC kongres
HRADEC KRÁLOVÉ 2006
21. a 22. září 2006
 Kongresové centrum ALDIS

• zprávy

Nový železniční tunel pod pražským Vítkovem

Ražba nejdelšího dvoukolejného železničního tunelu na území ČR, dokončeného v květnu, trvala 362 dní. Investorem stavby je Správa železniční dopravní cesty, projektantem SUDOP Praha. Zhotovitelem jižního tunelu je Metrostav jako člen sdružení Pražské spojení (firmy SKANSKA ŽS, Stavby silnic a železnic, Metrostav, Subterra), které realizuje celý projekt Nového spojení. To bude dokončeno a předáno do provozu v prosinci 2008, což bude o rok a půl dříve, než stanovil původní harmonogram.

Stavba jižního tunelu a Nového spojení jako celku se netýká jen hlavního města, umožní dobré navázání pražských nádraží na tranzitní železniční koridory. Zároveň s tím ovšem dojde k výraznému zlepšení příměstské a městské osobní železniční dopravy. V rámci dopravní infrastruktury, a především železničních koridorů, má železniční uzel Praha jednu z nejdůležitějších rolí vzhledem k tomu, že se zde střetávají tři koridory, které navazují na důležité evropské trasy.



Součástí stavby Nové spojení je čtyřkolejná estakáda, která převede trať z hlavního nádraží přes Husitskou a Trocnovskou ulici k západním portálům nových tunelů. Pilíře a části nosné konstrukce jsou již vybudovány. Po dokončení celého díla bude výrazně zlepšena dopravní situace na stavbu dotčených komunikacích (podjezdová výška a světlost mostních otvorů). V neposlední řadě stavba odstranila i

úrovňový železniční přejezd v ulici Pod plynojemem na silniční estakádě Krejčárek).

Západní portál tunelu se nachází nad Vojenským muzeem, východní portál je na opačné straně hory Vítkov v těsném sousedství portálu původního a již dosluhujícího jednokolejného Žižkovského tunelu na vítkovské trati. V jižním tunelu budou položeny dvě koleje pro směr z hlavního nádraží do Vysočan a do Holešovic, v severním budou koleje pro směr z hlavního nádraží do Libně. Tunely mají mezi sebou proměnnou vzdálenost, nejvíce jsou vzdáleny 55 m. Maximální výška nadloží tunelů je 45 m, pod Národním památníkem na Vítkově je pak nejmenší, a to 32 m. Jižní tunel bude nejdelším dvoukolejným železničním tunelem v České republice (1 251 m) s celkovou délkou 1 365 m včetně vybetonovaných tubusů a portálů na obou koncích. Příčně pod tunely vede podchod pro pěší ze Žižkova do Karlína, který byl v délce 100 m zajištěn ocelovou výtuhou s dřevěným pažením pro zvýšení bezpečnosti chodců. Toto zabezpečení bylo po ražbě obou tunelů rozebráno a odstraněno.

Tunel byl ražen v šareckých břidlicích prokládaných křemencí novou rakouskou tunelovací metodou. Klasický postup ražby byl tři záběry dlouhé 1,5 m denně. Pod památníkem na Vítkově a sochou Jana Žižky byly ražby zpomaleny, protože jak památník, tak monumentální socha, nebyly dlouho udržovány. Proto byly záběry pod těmito místy a množství použité trhaviny zmenšeny na polovinu. Zároveň s tím byly vibrace sochy monitorovány a průběžně hodnoceny spolu se silou větru, který dokáže sochu při větších rychlostech rozkmitat. Data byla přenášena přímo do tunelu a postup prací podle nich korigován. Skalní masiv byl odstřelován pouze třikrát denně, neboť obyvatelé v těsném sousedství ražby nesouhlasili s nočními odstřely.

Stavba Nového spojení je financována z prostředků Státního fondu dopravní infrastruktury (SFDI). Po jejím dokončení získá Praha dopravní stavbu odpovídající evropské úrovni 21. století.

Tisková informace

Sledování svislých posunů ZUŠ v Mostě

Ing. Jitka SUCHÁ, Ph. D.
Ing. Lenka LÍNKOVÁ, Ph. D.
ČVUT – Fakulta stavební
Praha

Příspěvek ve stručnosti popisuje postup sledování svislých posunů objektů, podrobněji na objektu Základní umělecké školy v Mostě.

Úvod

Stavby jsou budovány v různorodých podmínkách. Setkáváme se s různým složením základové půdy, její nestejnou stlačitelností, s nestejnoměrným zatížením základů. Dochází ke změnám hladiny podzemní vody, což vyvolává porušení rovnováhy v původních částicích. Všechny uvedené a mnohé další vlivy působí na stavební objekt. Jejich působením dochází k posunům objektu, které nelze vyjadřovat jako posun celku, nýbrž prostřednictvím posunů na něm vhodně zvolených bodů. Měření svislých posunů je práce velmi náročná na přesnost. Tomu, aby byla dodržena dostatečná přesnost a správné postupy měření, se věnuje norma [1].



Obr. 1. Objekt ZUŠ v Mostě

Geodetické určování svislých posunů

Sledování svislých posunů objektu ZUŠ v Mostě (obr. 1) bylo zahájeno na podzim roku 2001. Důvodem byly praskliny ve sklepních prostorách objektu. Průzkumem byla pověřena, ve spolupráci se statiky (CON TES, s. r. o.), Katedra speciální geodézie Fakulty stavební ČVUT v Praze. Na konci téhož roku byla zaměřena základní etapa, a poté následovalo dalších osm měřických etap, realizovaných každé čtvrtletí. Na jaře roku 2003 mělo pozorování objektu skončit, ale protože byly zjištěny průkazné posuny, zakázka byla prodloužena až do konce roku 2005. Měření byla opět realizována každé čtvrtletí. Měřických prací se pravidelně zúčastňovali po celou dobu autorky článku spolu s Ing. Ilonou Janžurovou a průběžně spolupracovalo několik diplomantů: Ing. Jaroslav Albrecht (2002–2003), Ing. Jiří Gärtner (2003–2004) a Ing. Jiří Jiřík (2004–2005).

K určení svislých posunů je obecně možné použít několik geodetických metod. Z nejčastěji užívaných je to metoda trigonometrického určování výšek a metoda nivelace. Trigonometrické určování výšek je vhodné při zjišťování svislých posunů na objektech, u nichž není možný přímý přístup

k měřeným bodům (při zaměření posunů mostů nebo přehrad ze břehu apod.). V případě sklepních prostor ZUŠ, které jsou velmi členité a v nichž jsou v některých případech stropy ve výšce pouze 1,3 m, by nebyla tato metoda vhodná. Pro nivelaci (obr. 2) je naopak typická nutnost přístupu s nivelační latí přímo na určovaný bod. K měření svislých posunů na objektu školy byla využita tato metoda, konkrétně přesná geometrická nivelace ze středu. Všechna převýšení byla vždy určována dvakrát („tam,, a „zpět,,). Výšky pozorovaných bodů byly vypočteny v systému „Bpv“.



Obr. 2. Určování svislých posunů pomocí nivelace

Rozmístění pozorovaných bodů na objektu

Poloha a hustota pozorovaných bodů se volí vždy tak, aby umístění nebránilo určení posunů a přetvoření pozorovaného stavebního objektu. Je třeba přihlídnout ke tvaru půdorysu objektu, tuhosti konstrukce, rozdělení zatížení a namáhání, způsobu založení objektu apod. Při měření svislých posunů se body umísťují co nejnižší nad základovou spáru (desku), aby bylo možné zachytit celý průběh vlivu postupného zatížení základové spáry. Rozmístění bodů uvnitř ZUŠ je znázorněno na obr. 3.

Měřické značky, kterými se pozorované body stabilizují, se osazují podle projektu měření posunů na stavební objekty nebo jejich části tak, aby spojení s objektem bylo dostatečně pevné, aby byly chráněny před poškozením a zničením a byl k nim zajištěn přístup. Všechny body, pozorované uvnitř objektu ZUŠ, jsou stabilizované atypickými značkami.

Pro měření svislých posunů byly zvoleny dva vztažné body mimo sledovaný objekt, aby bylo možné určit nejen relativní svislé posuny mezi pozorovanými body uvnitř objektu, ale i „absolutní,, posuny objektu jako celku vzhledem ke vztažným bodům. Vztažné body byly osazeny čepovými značkami na panelových domech v blízkosti ZUŠ. Výškově byly oba body připojeny na nivelační body 111 a 112, umístěné na objektu strojovny v přilehlé ulici. Jiná volba v dostatečné vzdálenosti z hlediska jednodenního zaměření (daného projektem) nebyla dostupná.

Protože nebyla zadána výchozí hodnota kritického posunu, byla použita metoda přesné nivelace. Přesnost vůči vztažným bodům lze odhadnout směrodatnou odchylkou

$\sigma_{dh} \approx 0,3$ až $0,4$ mm vzhledem ke konfiguraci vztažných bodů. Hodnoty těchto směrodatných odchylek byly získány rozbořem přesnosti ze známé směrodatné odchylky měření na lať a daného počtu nivelačních sestav. Přesnost jednoho odečtení na dvoustupnicové invarové lati lze charakterizovat hodnotou $\sigma_0 = 0,1$ mm, minimální počet sestav byl 12, maximální 18.

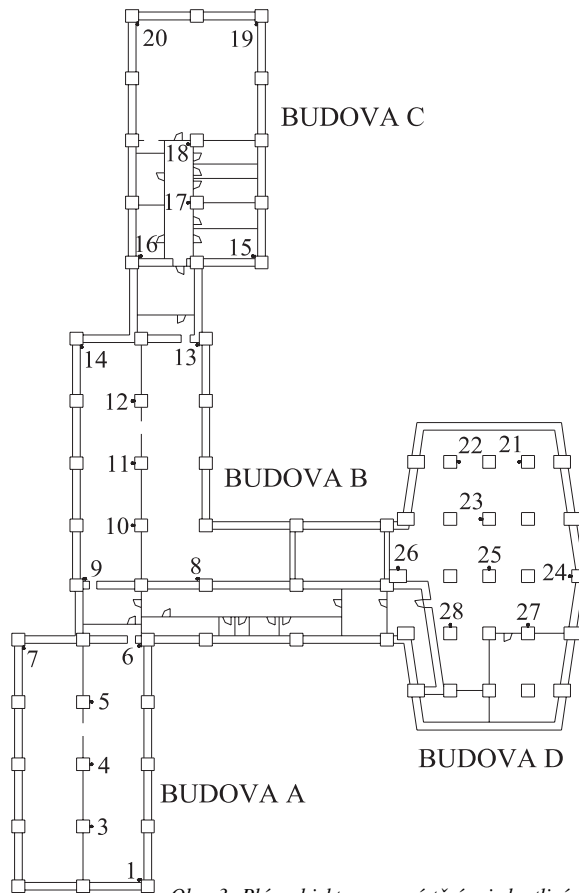
Pomůcky a přístroje

K měření byl využit nivelační libelový přístroj Kern NK3 s jednou invarovou nivelační latí Zeiss 1,75 m s půlcentimetrovým dělením a nivelační kompenzátorový přístroj Zeiss Ni 007 se stejnou invarovou nivelační latí. Vně objektu posloužily 3 m dlouhé invarové nivelační latě s půlcentimetrovým dělením.

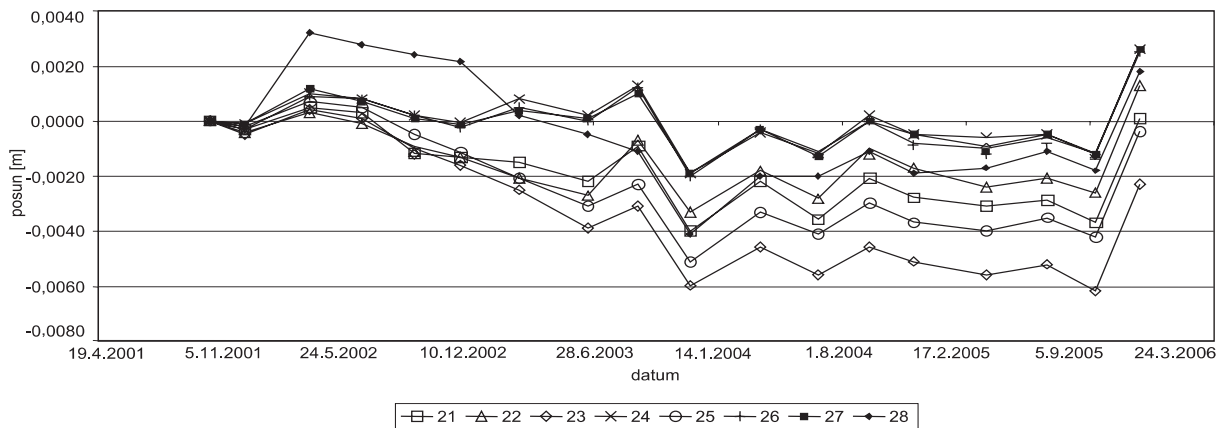
Uvnitř objektu byly použity oba nivelační přístroje (body č. 1-7 a č. 15-28: Zeiss Ni 007, body č. 8-14: Kern NK3), venku pouze přístroj Zeiss Ni 007. V nízkých sklepních prostorech byla invarová nivelační lať zaměněna za ocelové měřítko se dvěma stupnicemi s milimetrovým dělením. Body č. 15-23 byly zaměřeny pomocí nivelační latě, body č. 1-14 a č. 24-28 kvalitním ocelovým měřítkem.

Nivelační přístroj Kern NK3 byl díky výrazně nižší konstrukci použit při měření ve sklepních prostorech se sníženým stropem a pro měření na velmi krátké vzdálenosti, např. na schodech (má menší minimální vzdálenost, při které již lze zaostřit obraz na lati). Výhodou přístroje Zeiss Ni 007 je výrazně rychlejší měření (není nutné urovnání nivelační libely před odečtením na lati), a proto byl z časových důvodů použit v ostatních případech.

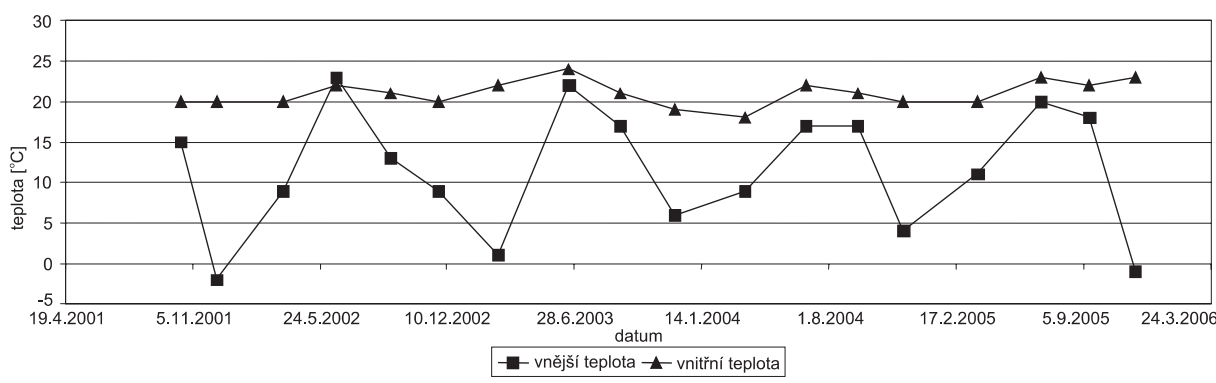
Postup měření byl navržen tak, aby byly eliminovány systematické chyby, přístroje i ostatní pomůcky byly ověřeny a měření realizoval vždy stejný pracovník.



Obr. 3. Plán objektu s rozmístěním jednotlivých pozorovaných bodů



Obr. 4. Svislý posun bodů – budova D



Obr. 5. Teplota vzduchu během měření

Určování svislých posunů v rámci jednotlivých měřických etap

Postup zaměření podrobných bodů v rámci jednotlivých etap byl po celou dobu sledování svislých posunů objektu ZUŠ shodný. Během geodetických měření byla pro statiky zaznamenávána teplota vně i uvnitř objektu. Teplota vně objektu se pohybovala během několika let v rozmezí -2 až $+23$ °C. Uvnitř nedocházelo k velkým teplotním výkyvům a teplota se pohybovala od 18 do 24 °C (obr. 5).

Výsledné hodnoty svislých posunů (rozdíl výšky bodu v i -té etapě minus výška bodu v nulté základní etapě) byly vypočteny pro všechny měřické etapy a zobrazeny graficky. V budově D došlo v rámci celého pětiletého sledování k největším výškovým změnám. Graf na obr. 4 znázorňuje posun bodů bez uvážení opravy z teploty.

Závěr

Výsledky měření jednoznačně prokázaly pohyb bodů ve všech sledovaných místnostech. Z grafického znázornění

posunů jednotlivých bodů (obr. 4) je zřejmý společný trend poklesu a zdvihu jednotlivých bodů v rámci jedné budovy. Tvar grafu uvedeného v obr. 5 naznačuje vhodnost dalšího zkoumání naměřených dat z hlediska vlivu teplot na výsledné posuny. Vzhledem k množství sledovaných bodů (27 bodů v rámci čtyř budov) a k velkému souboru měření (18 měřických etap) by zařazení analýzy vlivu teplot příliš zvětšilo rozsah příspěvku, předpokládáme proto její samostatné publikování.

Článek byl vypracován v rámci výzkumného záměru MSM 6840770001.

Literatura

- [1] ČSN 73 0405 Měření posunů stavebních objektů. ČSN, 1997.
- [2] ČSN ISO 8322-3 (73 0212): Geometrická přesnost ve výstavbě. Určování přesnosti měřících přístrojů. Část 3: Optické nivelační přístroje. ČSN, 1994.
- [3] Gärtner, J.: Problematika sledování svislých posunů objektu Základní umělecké školy v Mostě. [Diplomová práce], ČVUT, Praha, 2004.

Suchá, J. – Línková, L.: Monitoring of Vertical Shifts of the Primary Art School in Most

This paper briefly outlines monitoring of vertical shifts of objects, including the monitoring of the primary art school in the town of Most. The latter vertical shifts are described in more detail.

Suchá, J. – Línková, L.: Beobachtung der vertikalen Verschiebungen der Künstlerischen Grundschule in Most

Der Beitrag beschreibt in knapper Form die Problematik der Beobachtung der vertikalen Verschiebungen von Objekten und auch in ausführlicherer Form die Problematik, welche die Beobachtung der Verschiebungen des Objektes der Künstlerischen Grundschule in Most betrifft.

Státní úřad pro jadernou bezpečnost
Ministerstvo pro místní rozvoj ČR
Státní ústav radiační ochrany a Dům kultury v Jihlavě

pořádají

konferenci

Radonový program ČR

17. – 18. října 2006

Dům kultury v Jihlavě

Témata:

- rámcové informace
- ozdravná a preventivní opatření ve stavebnictví

Konference je určena pro projektanty protiradonových ozdravných a preventivních opatření, zástupce realizačních firem, ČKAIT a ČKA, pracovníky měřících firem, stavebních úřadů, krajských úřadů a zástupce ústředních orgánů ČR spolupracujících na realizaci vládního usnesení „Radonový program ČR“, inspektory SÚJB, pedagogy stavebních oborů na vysokých a středních školách. Součástí programu bude prezentace projektantů a stavebních firem.

Informace: www.majerova@dko.cz

Možnosti použití hydrofilních minerálních vln pro vysušování a odsolování zdiva

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

V článku jsou popsány výsledky měření provedených pro zjištění možnosti použití hydrofilní minerální vlny pro odvlhčování a odsolování zdiva historických objektů. Nejprve je studován transport kapalné vlhkosti a transport solného roztoku při měření absorpčního součinitele. Poté je analyzována rychlost vysychání a odsolování porézních stavebních materiálů přes vrstvu hydrofilní minerální vlny.

Úvod

Vlhkost v konstrukcích je závažný problém mnoha objektů. Degradace materiálů hrozí i od rozpuštěných solí. Vlhkost zhoršuje tepelný odpor konstrukce, což vede často k poklesu vnitřní povrchové teploty pod rosný bod a následně kondenzaci páry podporující růst plísní a další nežádoucí jevy. Schopnost transportovat vodu v kapalné i plynné fázi, i ve formě roztoků solí, činí hydrofilní minerální vlnu potenciálně vhodným materiálem pro odvlhčování a odsolování zdiva. Vlhkost se kontinuálně přenáší z vrstvy minerální vlny do ovzduší, takže nemusí docházet ani k významnému zhoršení jejich tepelných vlastností.

Metody

Na základě měření vakuové nasákavosti [1] byla pro charakterizování studovaných vláknitých materiálů zvolena objemová hmotnost, otevřená pórovitost a hustota matrice. Z hmotnosti suchého vzorku m_s , vodou nasyceného m_v a vzorku ponořeného vodou nasyceného m_a , tzv. Archimédovy hmotnosti, byl nejprve vypočítán objem vzorku podle rovnice

$$V = \frac{m_v - m_a}{\rho_v}, \quad (1)$$

kde ρ_v je hustota vody.

Otevřená pórovitost ψ_0 , objemová hmotnost ρ a hustota matrice ρ_{mat} byly poté určeny pomocí rovnic

$$\psi_0 = \frac{m_v - m_s}{\rho_v V}, \quad (2)$$

$$\rho = \frac{m_s}{V}, \quad (3)$$

$$\rho_{mat} = \frac{m_s}{V(1 - \psi_0)}. \quad (4)$$

■ Absorpční součinitel vody A [$\text{kgm}^{-2}\text{s}^{-1/2}$] a průměrný součinitel vlhkostní vodivosti κ [m^2s^{-1}] se určoval metodou založenou na měření časového průběhu absorpce vody v jednorozměrném experimentu [1]. Tato metoda je pro měkké materiály, jako je minerální vlna, velmi vhodná, protože je možné zabránit deformaci vzorků během měření, což například není snadné při určování součinitele vlhkostní vodivosti z vlhkostních profilů na tyčových vzorcích. Absorpční součinitel vody byl určen na základě vztahu

$$m_c = A\sqrt{t}, \quad (5)$$

kde m_c je kumulativní obsah vody [kgm^{-2}], t čas od začátku absorpčního experimentu. Průměrný součinitel vlhkostní vodivosti κ byl poté určen [2] na základě přibližného vztahu

$$\kappa = \left(\frac{A}{\rho_{v,max} - \rho_{v,0}} \right)^2, \quad (6)$$

kde $\rho_{v,max}$ je hmotnostní vlhkost v nasyceném stavu [kgm^{-3}] a $\rho_{v,0}$ počáteční vlhkost.

Kumulovaná hmotnost nasáknuté vody v minerálních vlnách se měřila zařízením pro rychle nasákové materiály [3], které umožňuje automatický záznam hmotnosti vzorku s periodou nejméně tři sekundy. Protože záznam je spuštěn před smočením (začátkem nasákávání vzorku), není okamžik smočení přesně v čase $t = 0$ spuštění záznamu, ale o t_0 později. Čas t_0 je nutno určit z prvních dvou nenulových hodnot kumulované hmotnosti m_i naměřených v časech t_1 a t_2 .

Předpokládáme nejprve, že naměřená data splňují vztah (5) přinejmenším pro první dvě nenulové hodnoty kumulované hmotnosti ve tvaru

$$m_i = a(t_i - t_0)^{1/2}, \quad i = 1, 2, \dots, \quad (7)$$

kde a je první aproximace absorpčního součinitele vody A . Odtud dostáváme

$$(m_2 + m_1)(m_2 - m_1) = a^2(t_2 - t_1), \quad (8)$$

$$a = [(m_2 + m_1)(m_2 - m_1)/(t_2 - t_1)]^{1/2}. \quad (9)$$

Ze vztahu (7) se s využitím (9) určí

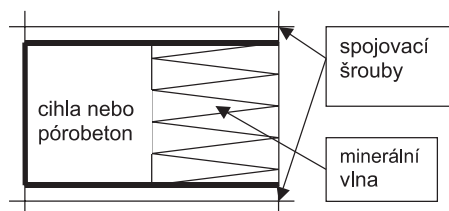
$$t_0 = t_i - (m_i/a)^2, \quad i = 1, 2, \dots \quad (10)$$

Pro určení hodnoty A se vytvoří soustava dat

$$\begin{array}{l} 0 ; 0 \\ (t_1 - t_0)^{1/2} ; m_1, \\ (t_2 - t_0)^{1/2} ; m_2, \end{array}$$

kterou se proloží přímkou, jejíž směrnice je A v posunutě časové ose.

■ Při experimentech vysychání přes vrstvu hydrofilní minerální vlny byl zkoumán transport vody a roztoků solí z porézního stavebního materiálu nasyceného vodou nebo jednomolárním roztokem NaCl (obr. 1). Vzorky cihly nebo



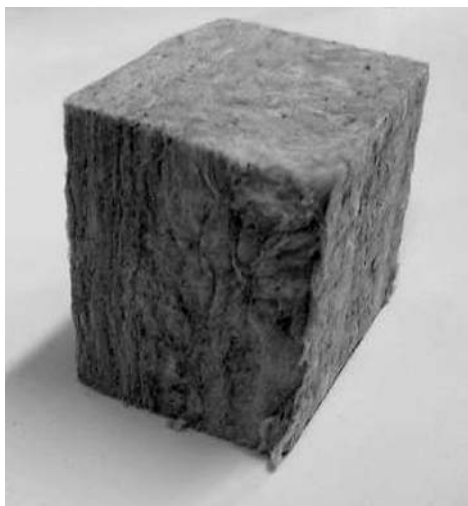
Obr. 1. Schéma experimentu vysychání

pórobetonu 60 x 60 x 65(30) mm vodotěsně a parotěsně izolované po pěti stranách epoxidovým lepidlem (jedna strana zůstala neizolovaná) se nechaly v exsikátoru vakuově nasytit vodou nebo jednomolárním roztokem NaCl. Vzorky hydrofilní vlny 60 x 60 x 25(75) mm (podle tloušťky desky) byly vodotěsně a parotěsně izolovány silikonovým kaučukem po čtyřech bočních stranách. Poté byly mechanicky spojeny neizolovanými stranami, aby nebylo omezeno vypařování do prostředí laboratoře (21±1 °C, 20 % relativní vlhkosti vzduchu). Přejít mezi cihlou nebo pórobetonem a minerální vlnou byl z vnějšku utěsněn sanitárním silikonem. Dva nasycené vzorky cihla/pórobetonu nebyly minerální vlnou opatřeny a měly sloužit jako referenční pro porovnání rychlosti vysychání. Všechny vzorky byly pravidelně váženy a hmotnostní úbytky odpařením zaznamenávány. Ze získaných dat byl vypočítán časový průběh obsahu vlhkosti ve vzorcích cihly nebo pórobetonu.

Experiment měl dvě varianty podle orientace vláken ve vzorku minerální vlny vzhledem ke směru transportu vlhkosti při vysychání, a to kolmo na vlákna a rovnoběžně s vlákny. Při první variantě nebyl na styku nasyceného vzorku porézního stavebního materiálu a minerální vlny žádný další materiál, při druhé byla pro usnadnění přechodu vlhkosti na rozhraní z porézního materiálu do minerální vlny vložena tenká vrstva buničité vaty.

Materiály a vzorky

Materiál pro ověřování vyrobila firma Rockwool CZ. První, s pracovním názvem DD, se skládá ze dvou vrstev minerální vlny rozdílné objemové hmotnosti. Vrstva tl. 7 cm,



Obr. 2. Materiál DDH – vrstva vlevo, DDS – vrstva vpravo

tvorená minerální vlnou nižší objemové hmotnosti (měkká vrstva – DDS), byla během výroby spojena s vrstvou tl. 2 cm vyšší objemové hmotnosti (tvrdá vrstva – DDH), viz obr. 2. Orientace vláken obou vrstev byla rovnoběžná s povrchem desky. Druhý materiál, s pracovním názvem PRG, měl vlákna na povrchu izolační desky kolmá (obr. 3). Vlákna všech materiálů byla pokryta na povrchu hydrofilní přísadou. Vzorky pro ověřování tepelných a vlhkostních vlastností byly vyříznuty z desek dodaných výrobcem. Pro určení absorpčního součinitele měly rozměr 50 x 50 x 20 mm, nejmenší byl ve směru transportu vody. Experimenty byly připraveny tak, aby bylo možné studovat vliv orientace vláken. Pro každé měření absorpčního součinitele bylo použito pět vzorků. Pro experimenty vysychání byly připraveny tak, aby měly stejný rozměr jako vzorky cihly či pórobetonu, ke kterým se připojovaly.



Obr. 3. Materiál PRG s vlákny kolmými na stranu B

Výsledky a diskuze

V tabulce 1 jsou uvedeny základní parametry ověřovaných materiálů. Rozdíly v objemové hmotnosti jsou dostatečně velké, takže představují možné výrobní limity. Porovitost všech materiálů je vyšší než 90 %, jak se očekávalo pro tento typ materiálu. Hustota matrice přibližně souhlasí s typickými údaji pro čedič. Tabulka 2 uvádí absorpční součinitele vody a roztoku chloridu sodného A pro orientaci vláken kolmo na směr toku vlhkosti. Materiál s vyšší objemovou hmotností DDH dosáhl velmi vysokých hodnot součinitele A, které se s růstem koncentrace NaCl měnily jen relativně málo a zůstávaly v rámci předpokládané chyby měření. U materiálu DDS, který dosáhl v porovnání s materiálem DDH zhruba polovičních až čtvrtinových hodnot součinitele A, došlo již při malých koncentracích NaCl k poklesu součini-

Tab. 1. Materiálové vlastnosti hydrofilních minerálních vln

Materiál	Objemová hmotnost	Hustota matrice	Pórovitost
	[kgm ⁻³]		
DDH	210	2 540	91,9
DDS	90	2 540	96,4
PRG	60	2 697	96,5

Tab. 2. Parametry transportu vody a roztoku chloridu sodného podle orientace vláken se směrem toku vlhkosti

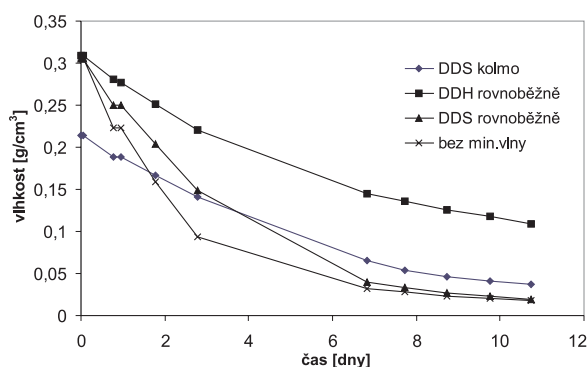
Materiál	Nasycený obsah vlhkosti [kgm ⁻³]	Absorpční součinitel A [kgm ⁻² s ^{-1/2}]					
		voda	NaCl				
			0,05 M	0,2 M	0,5 M	0,8 M	1,0 M
kolmo							
DDH	917,8	5,66	5,86	5,50	5,80	5,13	5,23
DDS	961,9	3,63	2,38	2,63	1,91	1,43	1,28
rovnoběžně							
Materiál	[kgm ⁻³]	voda	NaCl				
			0,1 M*	0,2 M	0,5 M	0,8 M	1,0 M
DDH	917,8	5,10	3,31	3,68	2,68	2,72	–
DDS	961,9	2,92	3,21	3,15	2,66	2,25	2,37
PRG	963,2	3,70	3,60	3,41	3,22	3,44	3,36

* pro DDH byl použit roztok 0,05 M NaCl

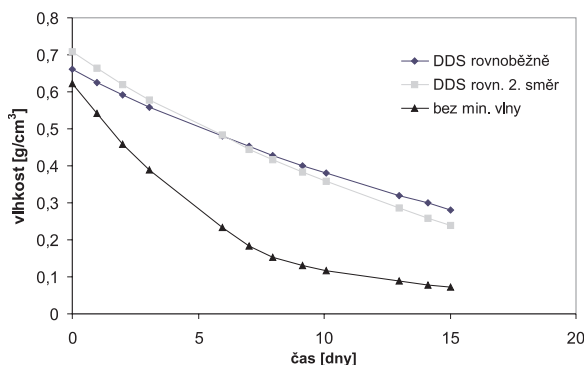
tele A o téměř 50 % v porovnání s naměřenou referenční hodnotou pro destilovanou vodu a další nárůst koncentrace vedl k poklesu A, takže pro jednomolární roztok NaCl vykazoval součinitel A v porovnání s destilovanou vodou jen třetinovou hodnotu. Zjištěné výsledky odrážely zejména podstatný rozdíl objemové hmotnosti obou materiálů, který se projevil u materiálu s vyšší objemovou hmotností ve zkrácení dráhy molekul vody uvnitř materiálu (a tedy urychlení transportu vody materiálem), kdy se kromě transportu vody (roztoku) po jednotlivých vlákních stal významným i přenos vody (roztoku) mezi vlákny v místech jejich styku. Vzhledem k vyšší prostorové hustotě vláken se u materiálu s vyšší objemovou hmotností molekuly vody a iontů soli pravděpodobně mohly pohybovat nejen povrchovou difúzí podél vláken, ale i v dalších vrstvách mezi jednotlivými vlákny podobným mechanismem jako v klasických pórech, tedy v důsledku kapilárních sil. Tyto mechanismy se v materiálu s nižší objemovou hmotností nemohly uplatnit tak významně vlivem malé prostorové hustoty vláken, a tedy jejich příliš velké vzdálenosti.

Absorpční součinitele vody a roztoku chloridu sodného pro orientaci vláken rovnoběžně se směrem toku vlhkosti jsou uvedeny v tab. 2. Je zřejmé, že na rozdíl od kolmé orientace vláken objemová hmotnost jednotlivých materiálů nebyla příliš podstatná. Při přenosu roztoku chloridu sodného bylo u všech tří materiálů dosaženo dosti blízkých hodnot součinitele A, rozdíly mezi jednotlivými materiály a koncentracemi byly ve většině případů do 20 %. Významný pokles součinitele A s růstem koncentrace NaCl (až o 50 %) byl pozorován pouze u materiálu DDS. V případě rovnoběžné orientace vláken se směrem toku vlhkosti se tedy projevil významně pouze povrchový přenos vody a iontů podél vláken a jak přenos mezi vlákny, tak i potenciální kapilární přenos, nebyly příliš významné.

Obrázek 4 ukazuje průběh vysychání cihly přes vrstvu hydrofilní minerální vlny. Je zřejmé, že materiál DDH zpomaloval vysychání, a to bez ohledu na orientaci vláken vzhledem ke směru toku vlhkosti. Při použití materiálu DDS byl pokles vlhkosti v cihle přibližně stejně rychlý jako v referenčním experimentu, kdy se sledovalo vysychání samotné cihly bez vrstvy minerální vlny. Výsledky analogického experimentu s pórobetonem jako podkladním materiálem jsou znázorněny na obr. 5. Je zřejmé, že tentokrát i materiál DDS poněkud zpomaloval vysychání podkladního materiálu, a to bez ohledu na orientaci vláken. V tomto případě



Obr. 4. Vysychání cihly nasycené vodou



Obr. 5. Vysychání pórobetonu nasyceného vodou

ovšem nepochybně byla podstatná vysoká hygroskopičnost pórobetonu v porovnání s cihlou, protože odstranění hygroskopicky vázané vlhkosti je výrazně obtížnější než vlhkosti nadhygroskopické, která je vázána pouze kapilárními silami. V případě cihly i pórobetonu se tedy vysychání sice nepodařilo urychlit, ale zpomalení nebylo příliš velké.

Hlavním důvodem charakteristických znaků časového průběhu vysychání je zřejmě poměrně malá schopnost akumulace vody v hydrofilních minerálních vlnách, které se sice vyznačují velmi vysokými transportními parametry vlhkos-

Tab. 3. Množství NaCl přeneseného z cihly nasycené roztokem jed-
nomolárního NaCl do hydrofilní minerální vlny

Trvání [h]	Množství [%]	
	DDH	DDS
1	2,6	2,2
24	11,3	9,9
168	26,8	15,7

ti, ale po jejich nasycení vodou je další vysychání systému podkladní materiál/minerální vlna řízen vypařováním z povrchu minerální vlny, který není příliš odlišný od vypařování z povrchu cihly či pórobetonu. Z praktického hlediska tedy použití hydrofilních minerálních vln k vysoušení stavebních materiálů za normálních teplot není opodstatněné. Příznivé transportní vlastnosti hydrofilních minerálních vln pro vlhkost v kapalném stavu je ovšem možné využít v podmínkách, kdy dojde k poklesu teploty pod bod mrazu a vodou nasycený stavební materiál nosné konstrukce by v důsledku zmrznutí vody v pórech byl vystaven nebezpečí porušení. V takovém případě vrstva hydrofilní minerální vlny na vnějším povrchu konstrukce, která je zevnitř vytápěná, nejen zamezí v důsledku svých tepelně izolačních vlastností vzniku ledu v materiálu nosné konstrukce, a tedy jeho přímému mechanickému poškození, ale i při nízkých teplotách na vnější straně je schopna dále vodu z konstrukce odvádět, a tím přispívat k jejímu vysychání i v zimním období. Deska z minerální vlny má přitom z mechanického hlediska tak příznivé vlastnosti, že její vlastní vláknitá struktura není poškozena ani při zmrznutí vody v její vnější části, a cykly tání a mraznutí tak na ni nemají významný vliv.

Možnost použití hydrofilních minerálních vln k odsolování stavebních materiálů byla sledována při stejném typu experimentu, jaký je znázorněn na obr. 1 pro vysychání. Vzorky minerální vlny byly spojeny se vzorky cihly nasycené jednomolárním roztokem NaCl, a poté odděleny ve třech skupinách vždy po jedné hodině, jednom dnu a jednom týdnu od začátku experimentu. Ve vzorcích minerální vlny byl stanoven obsah NaCl pomocí vyluhování (tab. 3). Nejrychlejší nárůst množství soli v minerální vlně byl v rozmezí 1 hodina – 1 den, poté již rychlost nárůstu klesala, zřejmě z kapacitních důvodů minerální vlny. Množství transportovaného NaCl bylo relativně velké, během jednoho dne se z cihly do minerální vlny přeneslo zhruba 10 % z celkového

množství obsaženého v cihle. Účinnost odsolování tedy byla poměrně výrazná.

Závěr

Měření absorpčního součinitele prokázalo vysokou schopnost sledovaných hydrofilních minerálních vln transportovat jak vodu v kapalném stavu, tak i roztok soli, což je základní podmínkou jejich využití při odvlhčování a odsolování stavebních materiálů v konstrukcích. Experimenty s vysycháním vzorků cihly nebo pórobetonu nasycených vodou za laboratorní teploty ukázaly, že v porovnání s přirozeným vysycháním bez jakékoli vnější vrstvy zvláště minerální vlna s vysokou prostorovou hustotou vláken způsobila určité zpomalení úbytku vlhkosti z podkladního materiálu. Využití hydrofilních minerálních vln při odvlhčování vodou nasycených stavebních materiálů je tedy užitečné zejména v zimním období, kdy vrstva hydrofilní minerální vlny na vnějším povrchu konstrukce jednak zamezí mechanickému poškození materiálu nosné konstrukce zmrznutím vody, jednak i při nízkých teplotách na vnější straně je schopna dále vodu z konstrukce odvádět, a přispívat tím k vysychání konstrukce i v zimním období.

Studované hydrofilní minerální vlny prokázaly značný potenciál pro využití k odsolování zdiva. Během prvních 24 hodin byly schopny odstranit z cihly přibližně 10 % veškeré v ní obsažené soli. Vzhledem k tomu, že dále se již její množství zvyšovalo pomaleji, je zřejmé, že minerální vlna se soli poměrně rychle nasycovala. Při praktickém použití by ji tedy pro udržení rychlosti odsolování bylo nutné vždy po několika dnech oddělit od zdiva a vymýt vodou.

Článek vznikl za podpory projektu č. 106/04/0138 GA ČR.

Literatura

- [1] Roels, S. – Carmeliet, J. – Hens, H. – Adan, O. – Brocken, H. – Černý, R. – Pavlík, Z. – Hall, C. – Kumaran, K. – Pel, L. – Plagge, R.: Interlaboratory Comparison of Hygric Properties of Porous Building Materials. *Journal of Thermal Envelope and Building Science* 27(2004), 307–325.
- [2] Černý, R. – Poděbradská, J. – Drchalová, J.: Water and Water Vapor Penetration Through Coatings. *Journal of Thermal Envelope and Building Science* 26(2002), 165–177.
- [3] Jiříčková, M.: Application of TDR, Microprobes, Microtensiometry and Microhygrometry to the Determination of Moisture Transport and Moisture Storage Parameters of Building Materials, CTU Reports, Vol. 8 (2004) 2.

Michálek, P. – Tydlitát, V. – Černý, R.: Application Potential of Hydrophilic Mineral Wools for Drying and Desalination of Masonry

Measurements performed for the sake of testing the application potential of hydrophilic mineral wools for drying and desalination of historical masonry are described in this paper. Water and salt solution transport in hydrophilic mineral wool is studied first using the measurement of the absorption coefficient. Then, the drying rate and desalination rate of porous building materials through hydrophilic mineral wool layers are analyzed.

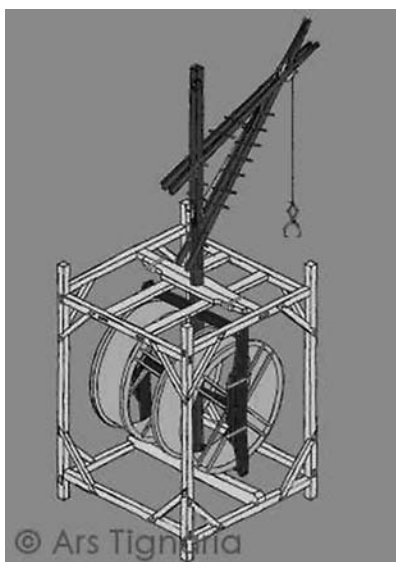
Michálek, P. – Tydlitát, V. – Černý, R.: Möglichkeiten des Einsatzes von hydrophilen Mineralwollen zur Trockenlegung und Entsalzung von Mauerwerk

Im Artikel werden die Ergebnisse von Messungen beschrieben, die zum Zwecke der Erprobung des Einsatzes von hydrophiler Mineralwolle zur Trockenlegung und Entsalzung von Wänden historischer Objekte durchgeführt worden sind. Zuerst wird der Transport flüssiger Feuchtigkeit sowie der Transport einer Salzlösung bei Messung des Absorptionskoeffizienten untersucht. Danach wird die Schnelligkeit der Austrocknung und der Entsalzung der porösen Baumaterialien durch eine Schicht hydrophiler Mineralwolle analysiert.

• zprávy

Stavba repliky středověkého jeřábu

Tesařský mistr Petr Růžička z firmy ARS TIGNARIA a Ing. Vít Mlázovský, projektant-statik, oba pracující v oblasti rekonstrukce historických památek, připravili pro výstavu „Karel IV. – císař z Boží milosti“, která probíhala na Pražském hradě na jaře letošního roku, prezentaci výroby funkční repliky středověkého jeřábu na lidský pohon. Jeřáb byl postaven na základě ideové rekonstrukce podle vyobrazení z Václavovy bible (1390–1400) a poznatků získaných průzkumem dochovaných historických kol se šlapacími bubny u nás i v zahraničí. Výroba dobovými technologiemi z ručně tesaného dřeva probíhala za účasti veřejnosti i v libeňské synagoze.

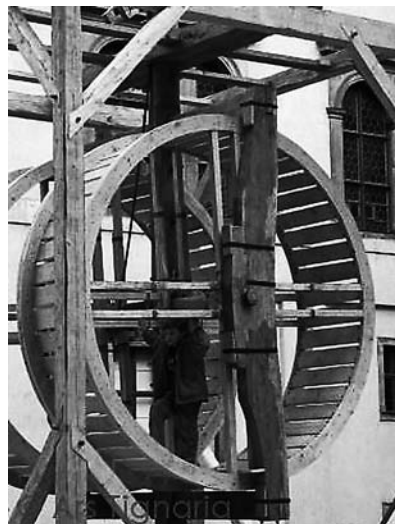


Prezentace jeřábu na pražské části výstavy byla součástí projektu technicko-historického experimentu nazvaného pracovně „Použití dřevěného stavebního jeřábu na lidský pohon v současné stavební praxi“. V podmínkách reálné stavby poslouží při opravě krovu Královského paláce na hradě Točnicku. V prostorách Velkého paláce tohoto středověkého hradu zůstane instalován i po skončení opravy.

K úvaze o použití dřevěného jeřábu na lidský pohon přivedla autora projektu opakovaná zkušenost s přesunem břemen nadměrné velikosti v prostředí hradní architektury (např. transport 70 trámů průřezu 240 x 310 a délky 10,5 m do Velké věže hradu Karlštejna). Hradní nádvoří bývají často pro těžkou techniku nedostupná a náklady na přesun hmot zde dosahují až desítek procent celkového rozpočtu stavby. Ekologické a energetické aspekty obracejí znovu pozornost ke strojům pracujícím na bázi základní mechaniky. Jejich použití v současné praxi by mohlo být proto velmi přínosné a za určitých okolností i ekonomicky výhodné.

Cílem experimentu bylo ověření věrohodnosti historických ikonografických pramenů, zjištění skutečných technických parametrů stroje, sledování produktivity práce ve srovnání s moderní stavební mechanizací, porovnání výrobních a energetických nákladů a ekologické zátěže a zjištění možnosti uplatnění jednoduchých strojů na lidský pohon v současném stavebnictví. Repliky historických dřevěných strojů byly již s úspěchem použity při montáži dřevěného mostu na

hradě Krakovci a pro vyzdvížení nového zvonu do zvonice sázavského kláštera.



Jako symbolické zahájení společné celoevropské snahy o záchranu, oživení a uchování historického stavebního řemesla byli pozváni k účasti i tesaři a kováři ze zahraničí. Na ověřování funkce a správného rozměru kola se podíleli i partneři autorů projektu z Massachusetts College of Art z Bostonu Laura a Rick Brown (USA), kteří se svými studenty postavili funkční repliku Perronetova barokního jeřábu z roku 1750 (www.handshouse.org/hhexperience.html). Akce probíhala ve spolupráci s Akademií věd České republiky a Národním památkovým ústavem.

Na základě rešerše obdobných aktivit v Evropě a USA je možné potvrdit, že akce podobné hloubky a rozsahu dosud nebyla uskutečněna. Několik velkých jeřábů bylo sice vyrobeno a prezentováno veřejnosti, ale ty byly vyrobeny pomocí novodobých prostředků, nikdy nebyly využity na běžné stavbě a většinou šlo jen o částečně funkční modely.

Technické parametry jeřábu:

půdorysné rozměry klece	3,50 x 3,50 m
výška stožáru	8 m (s podstavou 9 m)
vyložení ramene	2,90 až 4,70 m
hmotnost jeřábu bez obsluhy a zátěže	3 000 kg
předpokládaná max. hmotnost břemene	700 kg



STAVEBNÍ OBZOR

ROČNÍK 15 ČÍSLO 08/2006

Navigace v dokumentu

OBSAH

Mareček, J. – Studnička, J. Pokročilý model spřahovací lišty	225
Janda, L. – Štěpánek, P. Návrh betonového průřezu vyztuženého nekovovou výztuží	232
Kala, Z. Fuzzy neurčitost stochastických metod	238
Zahradník, P. Tepelně technický pohled na jednoplášťové pojízdné střechy	244
Kobr, J. Plošné stanovení tlakových poměrů ve vodovodní síti	247
Cuřín, M. Budování mikrosítě pro výstavbu mostu metodou GPS	251

8 • 2006

ročník 15

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

Mareček, J. – Studnička, J.
**Pokročilý model
 spřahovací lišty** 225

Janda, L. – Štěpánek, P.
**Návrh betonového
 průřezu vyztuženého
 nekovovou
 výztuží** 232

Kala, Z.
**Fuzzy neurčitost
 stochastických
 metod** 238

Zahradník, P.
**Tepelně technický pohled
 na jednoplášňové pojiřžené
 střechy** 244

Kobr, J.
**Plošné stanovení
 tlakových poměrů
 ve vodovodní
 síti** 247

Cuřín, M.
**Budování mikrosítě
 pro výstavbu mostu
 metodou
 GPS** 251

CONTENTS

Mareček, J. – Studnička, J.
**Shear Connector
 Advanced Model** 225

Janda, L. – Štěpánek, P.
**Design of a Concrete
 Cross-Section Reinforced
 with Non-Metallic
 Reinforcement** 232

Kala, Z.
**Fuzzy Uncertainty
 of Stochastic
 Methods** 238

Zahradník, P.
**Thermal and Technical
 Aspects of Car
 Park Roofs** 244

Kobr, J.
**Global Determination
 of Pressure
 Conditions in the Water
 Piping** 247

Cuřín, M.
**Construction of a
 Micronetwork for a Bridge
 Construction Using the GPS
 Method** 251

INHALT

Mareček, J. – Studnička, J.
**Fortschrittliches Modell
 einer Zahnleiste** 225

Janda, L. – Štěpánek, P.
**Entwurf eines
 mit nichtmetallischer
 Bewehrung bewehrten
 Querschnitts** 232

Kala, Z.
**Fuzzy Unbestimmtheit
 von stochastischen
 Methoden** 238

Zahradník, P.
**Wärmetechnische
 Betrachtung einschaliger
 befahrener Dächer** 244

Kobr, J.
**Flächenbezogene
 Bestimmung der
 Druckverhältnisse im
 Wasserleitungsnetz** 247

Cuřín, M.
**Errichtung eines
 Mikronetzes für den Bau
 einer Brücke mit der Methode
 GPS** 251

REDAKČNÍ RADA**Předseda:**

prof. Ing. Jiří STUDNIČKA, DrSc.

Místopředseda:

doc. Ing. Alois MATERNA, CSc.

Členové:

doc. Ing. Pavel HÁNEK, CSc.

doc. Ing. Vladimír JELÍNEK, CSc.

Ing. Jiří KALA, Ph. D.

Ing. Jana KORYTÁROVÁ, Ph. D.

Ing. Karel KUBEČKA

doc. Ing. Ladislav LAMBOJ, CSc.

doc. Ing. Ivan MOUDRÝ, CSc.

doc. Ing. Jaroslav NOVÁK, CSc.

doc. Ing. Luděk NOVÁK, CSc.

doc. Ing. Miloslav PAVLÍK, CSc.

prof. Ing. J. PROCHÁZKA, CSc.

Ing. Vlastimil ROJÍK

Ing. Karel SVOBODA

doc. Dr. Ing. Miloslav ŠLEZINGR

Ing. Milan ŠMAK, Ph. D.

Ing. Ludvík VÉBR, CSc.

doc. Ing. Josef VITÁSEK, CSc.

prof. Ing. Jiří WITZANY, DrSc.

Ing. Renata ZDAŘILOVÁ

STAVEBNÍ OBZOR, odborný měsíčník, vydává
 Fakulta stavební ČVUT Praha společně s Fakultou
 stavební VUT Brno, Fakultou stavební VŠB TU
 Ostrava, Českou komorou autorizovaných inženýrů
 a techniků činných ve výstavbě a Českým svazem
 stavebních inženýrů. Řídí redakční rada, vedoucí
 redaktorka Marcela Klímová. Adresa redakce:
 Thákurova 7, 166 29 Praha 6, tel./fax: 224 354 596,
 klimova@fsv.cvut.cz, http://web.fsv.cvut.cz/obzor.
 Vychází každý měsíc kromě července a srpna,
 cena za výtisk je 40 Kč včetně DPH (+ poštovné a
 balné). Objednávky odběru i reklamace přijímá
 Ing. Milan Gattringer, MG DTP, Borovanská 3388, 143 00
 Praha 4, tel./fax: 241 770 220, e-mail: mgdtp@volny.cz.
 Odběr je možné zrušit až po vyčerpání zaplaceného
 předplatného. Inzerce adresujte redakci. Technická
 redakce a realizace: Ing. Milan Gattringer. Po-
 dávání novinových zásilek povoleno Ředitelstvím
 pošt Praha, č. j. NP 144/1994, ze dne 21. 10. 1994.
 Do sazby 11. 9. 2006. Nevyžádané rukopisy se nevracejí.

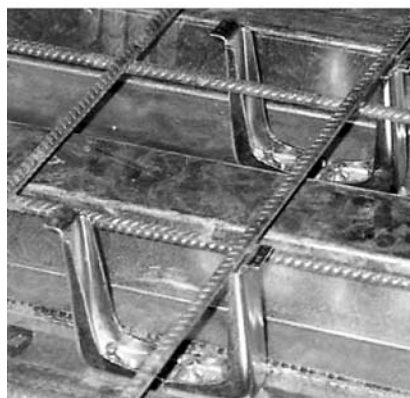
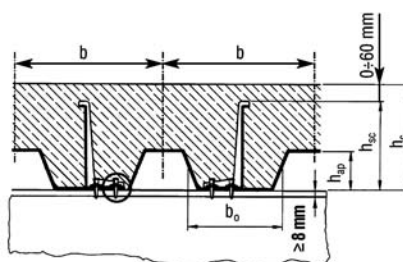
INDEX 47 755, ISSN 1210-4027

Pokročilý model spřahovací lišty

Ing. Jan MAREČEK, Ph. D.
Gleeds Česká republika, s. r. o.

prof. Ing. Jiří STUDNIČKA, DrSc.
ČVUT – Fakulta stavební, Praha

Perforovaná spřahovací lišta, která je vhodným spřahovacím prostředkem pro kompozitní ocelobetonové nosníky, byla velmi podrobně experimentálně ověřena ve dvou odlišných podobách na ČVUT v Praze. Z výsledků zkoušek byly odvozeny návrhové vzorce pro stanovení smykové únosnosti lišty pro statické namáhání. Pro opakované namáhání, kde působí také únava materiálu, byly dosud provedeny pouze tři zkoušky s jedním typem lišty. Obecně jsou zkoušky smykové únosnosti lišty poměrně jednoduché, a přitom výstižné, ale jsou nákladné a spotřebují mnoho času. Proto je vhodné vytvořit numerický model protlačovacího vzorku a únosnost dalších modifikací lišty ověřovat tímto způsobem. První takový model připravil J. Samec [1], [2]. Další vývoj tohoto modelu je popsán v předloženém článku.

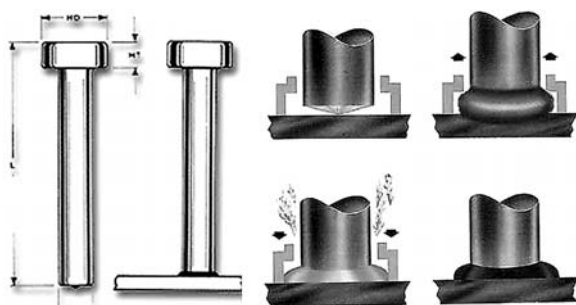


b)

Spřahovací prvky pro ocelobetonové konstrukce

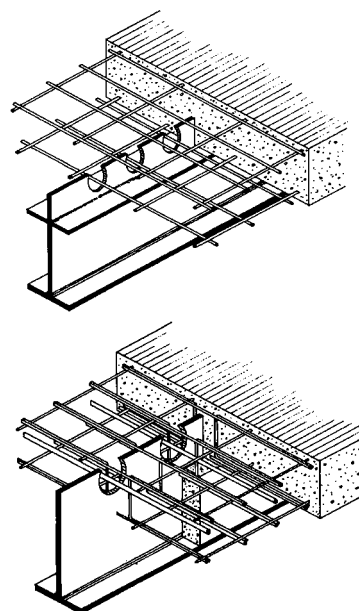
Spřažené ocelobetonové konstrukce jsou populární proto, že vhodně v jednom celku kombinují vysoce únosnou (ale dražší) ocel s (levnějším) betonem, který dodává výsledné kompozitní konstrukci tuhost a odolnost proti nárazu, požáru atp. Navrhovat ocelobetonové konstrukce je dnes běžné, existuje bohatá literatura, např. [4] a [5] a evropské normy pro navrhování [6], [7], které jsou přeloženy do češtiny [8], [9].

Spřahovací prvky, tzn. prvky, které spojují ocelovou a betonovou část konstrukce, se neustále vyvíjejí. Nejrozšířenější jsou nyní spřahovací trny přivařované automaticky (obr. 1a). Jedině tyto spřahovací prvky se také dostaly do norem, kde



a)

c)



Obr. 1. Spřahovací prvky

a – trn s hlavou, b – nastřílené zarážky, c – perforovaná lišta

jsou vzorce pro stanovení statické smykové únosnosti i únosnosti při únavě. U ostatních prvků, jako jsou nastřelované zarážky (obr. 1b) nebo perforovaná lišta (obr. 1c), se údaje o únosnosti v normách nenajdou, zčásti proto, že nejsou obecně známé, a zčásti proto, že např. nastřelovací kotvy Hilti se považují za ryze firemní výrobky a normy se úzkostlivě vyhýbají jakékoli preferenci produktu jedné firmy.

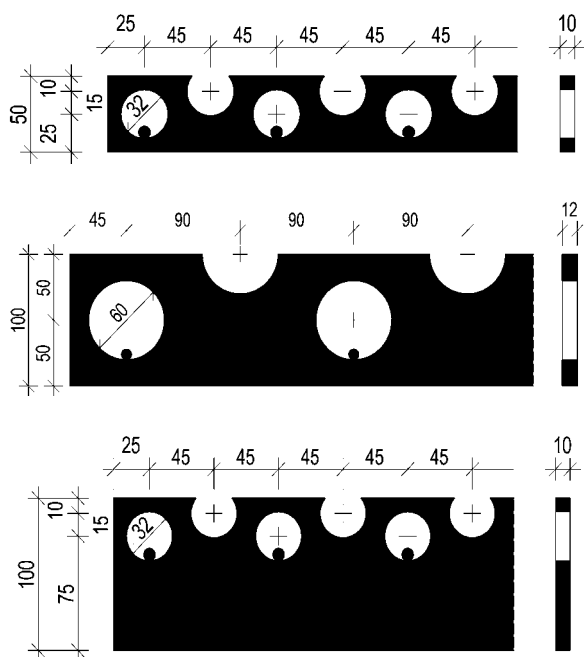
Na ČVUT se delší čas pod vedením druhého autora článku provádí výzkum spřahovací (perforované, děrované) lišty, jejíž původ je v Německu [10]. Zkoumají se dva základní tvary lišty a bylo vykonáno velké množství zkoušek s normalizovanými protlačovacími vzorky i zkoušky na nosnících. Výsledky jsou publikované doma [11], [12] i v zahraničí [13]–[18]. Lišta se v ČR také skutečně používá, a to jak v pozemních stavbách (obr. 2), tak v mostech.



Obr. 2. Příklad použití spřahovací lišty

Únosnost lišty

Je obecně známo, že u nás používanou spřahovací lištu tvoří ocelový pás tlustý 10 či 12 mm (standardní konstrukční ocel S235) s kruhovými otvory a poloťvory podle obr. 3,



Obr. 3. Spřahovací lišta ČVUT

a – nízká 50/10, b – vysoká 100/12, c – modifikovaná s otvory v horní části

kterými se pro zvýšení únosnosti provléčou pruty betonářské výztuže. Lišta se na horní pás ocelového nosníku přivazuje kouťovým svarem přenášejícím podélnou sílu působící v zatíženém nosníku mezi betonovou deskou a ocelovým nosníkem.

Lištu je možné kombinovat s monolitickým (běžným či lehkým betonem) i s prefabrikáty. Není vhodné lištu používat s trapézovými plechy, neboť kvůli liště nemohou plechy být spojité a jejich dělení na krátké délky zpravidla není hospodárné.

Na ČVUT bylo během posledního desetiletí vykonáno mnoho experimentů s nízkou i vysokou lištou na protlačovacích vzorcích podle obr. 4 a jsou experimentální poznatky



Obr. 4. Protlačovací vzorek

i s působením lišty v lehkém betonu, při umístění dvou lišt vedle sebe a i s dalšími modifikacemi tvaru lišty. Pro obě lišty z obr. 3 jsou k dispozici vzorce pro výpočet statické únosnosti a omezené znalosti jsou i s lištou opakovaně namáhanou [2].

Model lišty

Z předchozího výčtu je zřejmé, že je již dostatek podkladů pro dva prozkoumané tvary lišty a že se lišta může v praxi bez obav používat. Jakmile se však tvar lišty z jakýchkoli důvodů pozmění, nejsou zmíněné podklady použitelné, resp. jsou jen orientační. Z těchto příčin vychází snaha vytvořit teoretický model, jenž by se na vyzkoušených tvarech lišty ověřil a po ověření by poskytoval mocný, a přitom efektivní nástroj pro stanovení únosnosti pro jakýkoli jiný tvar lišty, otvorů, vyztužení atd. Tak by se minimalizovala potřeba dalších finančně nákladných protlačovacích zkoušek, které by byly nutné, pokud by se postupovalo pouze cestou experimentální. První takový model vypracoval J. Samec [1], [2]. Model byl schopen věrohodně předpovědět únosnost protlačovacího vzorku, predikce deformací však víceméně selhávala. Proto první autor tohoto článku připravil v průběhu doktorského studia na Katedře ocelových a dřevěných konstrukcí ČVUT zdokonalený model [3].

Vzhledem ke značné složitosti daného problému (dva různé materiály a jejich vzájemné spolupůsobení, geometrická a materiálová nelinearita apod.) byl pro vytvoření teoretického modelu využit software ABAQUS, založený na metodě konečných prvků (MKP).

Geometrie

Většina experimentů se statickou smykovou únosností perforované lišty byla realizována formou protlačovacích zkoušek. Pro tvorbu a kalibraci numerického modelu byl vybrán protlačovací vzorek (obr. 4) s vysokou lištou. Protlačovací vzorek je možné modelovat celý, nebo využít symetrii a modelovat pouze jeho část s nadefinovanými okrajovými podmínkami. Podle [19] se modelováním poloviny vzorku zkrátí výpočetní čas přibližně na 25 % proti modelování celého vzorku. Řešení nelineárních úloh většího rozsahu je výpočetně velmi náročné, proto byla modelována pouze polovina protlačovacího vzorku (obr. 5).



Obr. 5. Model poloviny protlačovacího vzorku

Kromě využití symetrie byl model dále zjednodušen. Všechny úpravy byly voleny tak, aby nebyla příliš ovlivněna přesnost výsledků v klíčových místech modelu, a zároveň byl ušetřen výpočetní čas. Roznášecí ocelová deska (obr. 4) nebyla modelována vůbec a zatížení bylo aplikováno přímo na profil HEB. Oboustranný koutový svar lišty byl rovněž zanedbán a vzájemné spojení mezi lištou a pásnicí ocelového profilu bylo modelováno jako tuhé. V modelu bylo uvažováno o některých dalších zjednodušeních [3].

Hlavními součástmi numerického modelu jsou ocelová část (profil HEB a perforovaná lišta), betonový blok a výztuž. Ocelová i betonová část a výztužné pruty procházející uzavřenými otvory lišty byly modelovány trojrozměrně pomocí funkce Solid, která umožňuje následné použití objemových prvků Solid. Ostatní výztuž byla pro zjednodušení modelována prvky tyčovými (Truss).

Materiál

Správné zadání materiálových vlastností je jedním z klíčových bodů celého numerického modelování, proto mu byla věnována náležitá pozornost. Přiřazení vlastností materiálů v postprocesoru ABAQUS je realizováno pomocí předdefinovaných materiálových modelů, do nichž jsou zadány požadované vstupní parametry (materiálové vlastnosti – modul pružnosti, hustota atp.).

Modelování nelineárních materiálových vlastností betonu patří mezi nejobtížnější úlohy v otázce řešení betonových konstrukcí numerickými metodami. Tento kvazikřehký materiál má rozdílnou pevnost v tahu a tlaku. Náročnost modelování navíc zvyšuje přítomnost výztuže.

Ze tří dostupných materiálových modelů pro beton byl zvolen model Concrete damaged plasticity, který nejlépe odpovídá řešené problematice. Předpokládá, že hlavními mechanismy porušení je praskání betonu v tahu a drčení v tlaku. Při jednoosém tahu je závislost napětí deformace lineární do hodnoty meze pevnosti v tahu, po které následuje oblast změkčení. Při jednoosém tlaku je odezva lineárně elastická do hodnoty rovné 30 % válcové pevnosti v tlaku. Plastická oblast pracovního diagramu je charakterizována zpevněním následovaným změkčením po dosažení mezní pevnosti v tlaku. Lineárně elastickou oblast pracovního diagramu popisuje materiálový model Linear elasticity, který lze s výše zmíněným modelem kombinovat.

Materiálový model Concrete damaged plasticity vyžaduje zadání řady vstupních parametrů (materiálových charakteristik). Experimentálně byly odvozeny pouze válcová pevnost v tlaku, pevnost v příčném tahu a modul pružnosti. Velkým problémem je určení ostatních potřebných materiálových vlastností tak, aby odpovídaly pevnostním charakteristikám použitého betonu. V dostupné literatuře přímé empirické vztahy pro jejich určení neexistují, většina z nich byla tedy zadána podle předem nastavených hodnot [19]. Pro přiblížení uvedme základní experimentálně zjištěné parametry betonu protlačovacího vzorku, který byl použit ke kalibraci popisovaného numerického modelu: Youngův modul pružnosti $E = 41\,000$ MPa, válcová pevnost v tlaku $f_{ck,cyl} = 65$ MPa, pevnost v příčném tahu $f_{tk} = 5$ MPa.

Pro popis chování ocelové části protlačovacího vzorku (profil HEB, lišta a výztuž) byly vybrány materiálové modely Classical metal plasticity, popisující plastické chování, a Linear elasticity, který popisuje lineárně elastickou oblast pracovního diagramu oceli. Obdobně jako v případě betonu i tyto dva materiálové modely lze kombinovat a popsat jimi chování jednoho materiálu. V numerickém modelu se předpokládá, že pracovní diagram oceli je pro jednoosou napjatost stejný v tahu i tlaku a bylo zde uvažováno s izotropním zpevněním materiálu. Obecný průběh pracovního diagramu bylo nutné pro účely numerického modelu zjednodušit na trilineární tak, že do meze kluzu je průběh lineárně elastický. Po dosažení této hodnoty se objevuje plastická deformace a ocel zpevňuje až do hodnoty meze pevnosti. Po dosažení meze pevnosti se napětí dále nemění, poměrná deformace roste teoreticky do nekonečna.

Ocelové profil HEB a perforovaná lišta modelovaného vzorku byly vyrobeny z oceli S 235. Materiálové charakteristiky se neověřovaly, proto bylo v modelu uvažováno s normovými hodnotami meze kluzu $f_y = 235$ MPa, meze pevnosti $f_u = 360$ MPa a příslušnými hodnotami poměrných deformací. Normou udávané hodnoty meze kluzu a meze pevnosti oceli jsou však zpravidla vyšší, pro přesnější kalibraci numerického modelu proto bude zapotřebí experimentální ověření těchto parametrů pro konkrétně použitou ocel protlačovacího vzorku.

Použitá žebírková výztuž byla kvality R 10505. Stejně jako v případě ocelové části se pružnostní a pevnostní charakteristiky výztuže uvažovaly normové s mezí kluzu $f_{yk} = 490$ MPa, mezí pevnosti $f_{tk} = 550$ MPa a modulem pružnosti $E = 200\,000$ MPa.

Síť konečných prvků

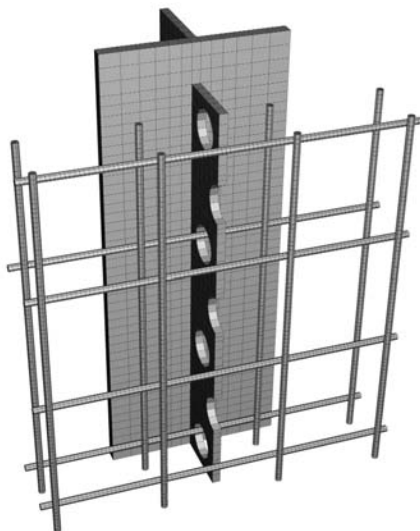
Na úvod si připomeňme základní princip metody konečných prvků. Prvním krokem je rozdělení geometrie modelu na konečné prvky. Jednotlivé prvky jsou spojeny uzly. Soubor prvků a uzlů tvoří síť konečných prvků. Počet prvků v numerickém modelu udává její hustotu. Obdobně jako kni-

hovna materiálových modelů i knihovna konečných prvků postprocesoru ABAQUS nabízí širokou škálu prvků pro řešení nejrůznějších inženýrských úloh. Každý konečný prvek je charakterizován především geometrií, stupni volnosti (základní neznámé v MKP – ve statické analýze jde o posuny) a počtem uzlů.

Z důvodu geometrického prostorového modelování všech tří částí (ocel, beton a výztuž procházející uzavřenými otvory lišty) pomocí funkce Solid byly pro tyto části vybrány trojrozměrné objemové prvky Solid. Pro ostatní výztužné pruty byly pro zjednodušení vybrány trojrozměrné tyčové prvky (Truss). Základním tvarem prvku Solid je šestistěn. Lineární prvek, který byl použit v modelu, má 8 uzlů, v každém vrcholu jeden. V každém uzlu má prvek 3 stupně volnosti, posuny ve směru globálních os u_1 , u_2 , u_3 . Z hlediska počtu integračních bodů, ve kterých je počítáno napětí a deformace, lze zvolit plnou nebo redukovanou integraci. Pro úsporu výpočetního času byla zvolena integrace redukovaná, což v případě lineárního prvku znamená jediný integrační bod v těžišti prvku. Označení použitého konečného prvku C3D8R jednoznačně určuje jeho vlastnosti. Jde o objemový (Continuous) prvek s 8 uzly a redukovanou integrací. Použité tyčové prvky (Truss) s označením T3D2 obsahují pouze dva uzly se třemi stupni volnosti v každém z nich (posuny u_1 , u_2 , u_3) a přenášejí pouze osově síly.

Obecně platí, že se zahušňováním sítě konečných prvků výpočet konverguje k přesnému řešení (MKP je pouze metodou přibližnou). Podstatně se však zvyšuje výpočetní náročnost. Proto byla nejdříve provedena studie konvergence hustoty sítě konečných prvků, a poté zvolena její optimální hustota.

Pro modelování ocelové, resp. betonové části bylo použito celkem 1 107, resp. 8 640 objemových prvků Solid C3D8R, výztuž v uzavřených otvorech lišty byla reprezentována 2 112 prvky C3D8R a ostatní výztuž 440 tyčovými prvky (Truss) T3D2. Na obrázku 6 je znázorněna síť konečných prvků ocelové části numerického modelu.



Obr. 6. Síť konečných prvků ocelové části

Interakce

V numerickém modelu byly definovány tři různé oblasti interakcí, a to kontakt na rozhraní ocel a beton, interakce různě hustých sítí konečných prvků betonové části a interakce popisující působení výztuže v betonu.

Vzájemný kontakt mezi ocelovou částí (pouze perforovaná lišta, kontakt mezi pásnicí profilu HEB a betonem nebyl

uvažován) a betonovým blokem byl definován pomocí kontaktních ploch. Každé dvojici ploch, která byla v kontaktu (kontaktní pár), byly přiřazeny mechanické modely kontaktního chování, a to jak v tečném, tak v normálovém směru ke kontaktní ploše. Součinitel tření, který byl na styku ocel/beton uvažován hodnotou 0,45, popisoval chování kontaktních párů v tečném směru, chování v normálovém směru bylo definováno pomocí funkce Hard contact [3].

Síť konečných prvků betonového bloku byla ve střední klíčové části (místo kontaktu s perforovanou lištou) zhuštěna za účelem přesnějšího zachycení přenosu smykové síly. V okrajových částech, které nejsou tak důležité z hlediska interpretace výsledků, byla naopak zvolena síť řidší kvůli snížení výpočetní náročnosti. Na styku těchto dvou různě hustých sítí je nutné zachovat kontinuitu pole napětí a deformací, z tohoto důvodu bylo nutné uzly obou sítí „svázat“. K tomu byla využita funkce Tie constraint, která zaručuje stejný posun uzlů na styčných plochách různě hustých sítí.

Třetí v numerickém modelu definovanou interakcí je vazba výztuž/beton. Vyztužení betonové desky bylo modelováno pomocí diskretních prutů tvořených objemovými prostorovými prvky Solid a prvky Truss. Pro zajištění vzájemné interakce mezi prvky výztuže a prvky betonu byla použita funkce Embedded element (zapuštěný prvek). Zjednodušeně řečeno, prvky (zapuštěné) výztuže jsou zapuštěny do prvků (hostujících) betonu. Leží-li zapuštěný uzel uvnitř hostujícího prvku, hodnoty jeho posunů jsou dále ve výpočtu stanoveny interpolací ze stupňů volnosti (posunů) hostujícího prvku.

Zatížení a okrajové podmínky

Modelován byl zkušební vzorek odpovídající tělesům série tří protlačovacích zkoušek. Průměrná únosnost (maximální dosažená síla) protlačovacích vzorků činila 1 530 kN. Shodně byl tedy zatížen i numerický model s tím rozdílem, že celková aplikovaná síla měla z důvodu modelování poloviny vzorku poloviční hodnotu proti experimentu. Jelikož byla při modelování vynechána roznášecí ocelová deska (viz též oddíl Geometrie), způsob vnesení zatížení z hlavy lisu do ocelového profilu nebyl uvažován ve tvaru osamělého břemene, ale jako rovnoměrně rozložené napětí působící na průřezovou plochu ocelového profilu HEB (resp. na jeho polovinu). Celková hodnota rovnoměrného napětí vycházela z velikosti působící síly a průřezové plochy jeho profilu. V průběhu experimentu byla zkouška řízena silou, tj. přírůstky zatížení byly v čase konstantní. Při zatěžování numerického modelu je čas chápán jako imaginární veličina, přírůstky zatížení a jeho celkový průběh tedy nejsou na čas závislé. Celková hodnota zatížení je na numerický model aplikována postupně v průběhu zatěžovacího kroku.

V numerickém modelu byly aplikovány okrajové podmínky popisující jeho chování v rovině symetrie a podepření betonové desky. Vzhledem k tomu, že byla modelována pouze polovina protlačovacího vzorku, je nutné uzlům ocelového profilu v rovině symetrie definovat příslušné okrajové podmínky, které zamezí posunům kolmo k rovině symetrie. Pro zajištění stability volného konce stojiny proti vybočení z roviny, které je ve skutečnosti realizováno oběma pásnicemi, byla přidána okrajová podmínka zamezující posunům kolmo k rovině této stojiny.

V průběhu protlačovací zkoušky spočíval zkušební vzorek spodní částí betonové desky na tuhém podkladu. Obecný tvar okrajových podmínek popisujících tento způsob uložení byl použit pro uzly spodní části betonové desky ve tvaru $u_1 = u_2 = u_3 = 0$. Uzlům je tedy zabráněno v posunech ve všech třech směrech globálních os.

Výpočet

Numerická analýza obecně spočívá a v postprocesoru ABAQUS probíhá ve třech základních fázích, a to rozdělení dané problematiky do kroků (Step), přiřazení analytických procedur (metod výpočtu) jednotlivým krokům a zadání zatížení a okrajových podmínek v jednotlivých krocích. Popisovaná numerická analýza byla rozdělena na dva kroky. Prvním je počáteční krok, ve kterém byly definovány okrajové podmínky (viz předchozí odstavec) a aktivovány kontakty (viz odstavec Interakce). Ve druhém kroku bylo na numerický model aplikováno veškeré zatížení. Délka zatěžovacího kroku byla zvolena 1 (= 100 % zatížení). Nastavený čas umožňuje v průběhu výpočtu sledovat procentní podíl momentálně aplikovaného zatížení. Čas 0 odpovídá nezatíženému modelu, čas 0,2 již 20 % celkového zatížení, čas 0,85 pak 85 % atd. Numerický model byl tedy zatěžován přírůstkově, nikoli jednorázově.

Z průběhu pracovního diagramu protlačovací zkoušky bylo zřejmé, že bude nutné při výpočtu uvažovat vliv geometrické nelinearity. Pro řešení nelineární úlohy byla zvolena Newtonova–Raphsonova iterační metoda, která dělí zatížení na jednotlivé přírůstky, jejichž velikost závisí na rychlosti a kritériích konvergence nelineárního výpočtu. Pro nalezení přibližného rovnovážného stavu na konci každého přírůstku zatížení je zapotřebí několika iterací. Konvergenční kritéria, která ovlivňují velikost jednotlivých přírůstků zatížení, počet iterací apod., mají zásadní vliv na celkovou dobu výpočtu nelineární úlohy. V našem případě byla ponechána v předem nastavených hodnotách. Pro názornost uvedme dvě základní kritéria, kterými jsou tolerance pro nevyrovnané síly 0,5 % a tolerance pro nevyrovnané posuny 1 %. Při řešení nelineárních úloh je možné zvolit pevnou velikost přírůstku zatížení nebo ponechat automatickou inkrementaci. V našem numerickém modelu byla zvolena možnost automatické inkrementace umožňující efektivní řešení většiny nelineárních úloh v reálném časovém horizontu.

Výsledky

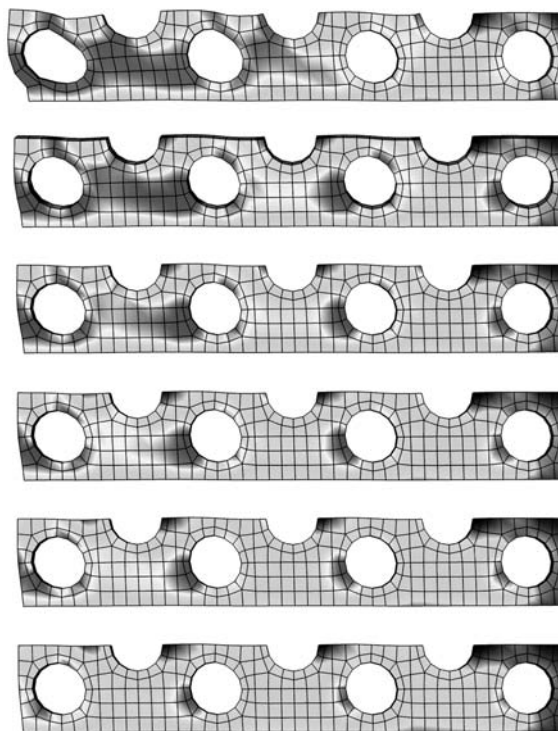
Na úvod tohoto odstavce uvedme pro názornost použité hardwarové vybavení a základní parametry modelu a výpočtu. K analýze byl použit osobní počítač s procesorem AMD Athlon XP 2600+, 1,92 GHz; 1,0 GB RAM; 120 GB HDD. Celkový počet konečných prvků typu C3D8R činil 11 859, typu T3D2 bylo v modelu 440, přírůstků zatížení při volbě automatické inkrementace bylo 13 500 a iterací 21 183. S takovou konfigurací počítače a numerického modelu byla doba výpočtu 334 hodin, z čehož je zřejmé, že i přes mnohá zjednodušení modelu je nelineární výpočet z hlediska výpočetního času relativně náročný.

Hlavními sledovanými výsledky numerické analýzy byla celková únosnost protlačovacího vzorku a vzájemný prokluz mezi betonovým blokem a ocelovou částí. S ohledem na požadované výstupy výpočtu a v minulosti experimentálně získané hodnoty bylo dosaženo následujících výsledků: únosnost a prokluz protlačovacího vzorku při experimentu $F_{exp} = 1\,530$ kN, $\delta_{exp} = 2,0$ mm, únosnost a prokluz modelu $F_{num} = 1\,354$ kN, $\delta_{num} = 0,83$ mm. Z porovnání dosažených výsledků vyplývá, že numericky stanovená hodnota únosnosti, resp. prokluzu, činí 88,5 %, resp. 41,5 % experimentální hodnoty. Model tedy velmi dobře předvídá chování protlačovacího vzorku z hlediska únosnosti, z hlediska prokluzu bude nutné model ještě doladit.

Zmíněné základní shrnutí výsledků z hlediska únosnosti a prokluzu je třeba podrobněji zdůvodnit a vysvětlit. V čase 0,885 (tedy při zatížení rovném 88,5 % maximální experi-

mentální hodnoty) došlo k výraznému zmenšení inkrementu zatížení (divergenci nelineárního řešení) na hodnotu $1 \cdot 10^{-25}$ a výpočet byl vzhledem k nemožnosti dosažení maximálního zatížení v reálném čase ukončen a okamžik divergence byl označen za kolaps numerického modelu. Podrobnější analýza výsledků modelu byla následně provedena na základě několika výstupních dat z postprocesoru ABAQUS.

Na obrázku 7 je ocelová část protlačovacího vzorku s průběhem izolinií Misesova srovnávacího napětí při hodnotách zatížení 60, 70, 75, 80, 85 a 88,5 % (procentní hodnota celkově aplikovaného zatížení). Maximální hodnoty napětí při kolapsu je podle očekávání dosaženo poblíž konce (horní okraj) perforované lišty. Tato hodnota činí 252 MPa, což je hodnota nepatrně nad teoretickou mezi kluzu použité oceli (235 MPa). Při kolapsu tedy dochází k částečné plastifikaci perforované lišty, zejména v její horní části. Ocelová část je na obr. 7 vykreslena v deformovaném tvaru. Pro zvýraznění bylo použito měřítko deformace 1 : 30. Výrazné zdeformování horního (krajního) uzavřeného otvoru je s největší pravděpodobností způsobeno příliš krátkou vzdáleností (ve směru délky lišty) mezi lícem otvoru a okrajem lišty, která činí pouhých 15 mm.



Obr. 7. Napětí v ocelové části modelu

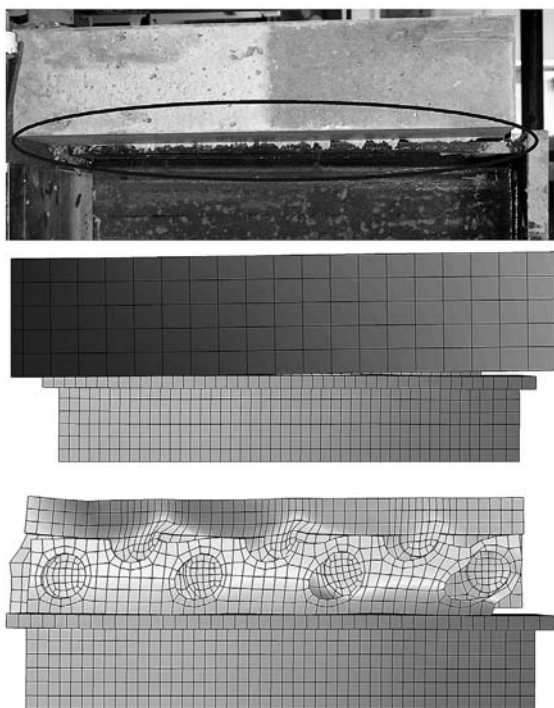
Maximální hodnota napětí Tresca v betonové části modelu činí 201 MPa. Leonhardt [10] uvádí maximální hodnotu napětí v betonu v otvoru lišty přibližně jako trojnásobek válcové pevnosti v tlaku. V našem případě při použití betonu válcové pevnosti tlaku $f_{ck,cyl} = 65$ MPa činí její trojnásobek 195 MPa. Numerický model tedy v tomto ohledu Leonhardtův závěr potvrzuje. Maximální hodnoty napětí je dosaženo v místě druhého betonového kolíku, kde je také umístěna výtuz. Z průběhu izolinií napětí, tahového porušení a deformací lze usuzovat na pravděpodobné porušení sražením usmyknutím betonových kolíků, což potvrzují i největší deformace v těchto místech. Maximální hodnoty deformace (0,7 mm) je dosaženo v místě dolního betonového kolíku,

minimální hodnotu deformace vykazuje horní betonový kolík, kde došlo k částečné plastifikaci lišty a následné redistribuci smykové síly, v důsledku čehož nebyl horní betonový kolík plně využit.

Při reálné protlačovací zkoušce došlo při kolapsu k rozštěpení betonového bloku v místě perforované lišty a k vylomení betonového „klínu“ ve spodní části bloku. Současně s tím došlo ke vzájemnému oddělení betonové desky od pásnice ocelového profilu. Výsledky numerického modelu vykazují stejný způsob oddělení betonu od ocelové části (obr. 8), což je zřejmě způsobeno vlivem otevřených otvorů lišty, které se při protlačovací zkoušce opírají o okolní beton, a tím „odtláčují“ betonový blok od pásnice ocelového profilu. Měřítko deformace obr. 8 bylo pro zvýraznění zvoleno 1 : 50. Průměrná hodnota prokluzu mezi ocelovou částí a betonovou deskou činila v případě experimentu 2 mm. U numerického modelu byl zjištěn prokluz jen 0,83 mm. Tato hodnota byla získána jako rozdíl svislých deformací uzlu ocelové části a betonové desky. Uzly sítě konečných prvků byly totožné s místy, kde byly v experimentu umístěny číselníkové úchylkoměry. Průběh numericky stanovené závislosti prokluzu na zatížení, především jeho náhlá změna při přibližně 1 300 kN, dokazuje, že v tomto okamžiku skutečně nastává kolaps numerického modelu. Vypočtená hodnota prokluzu činí 41,5 % experimentálně získané hodnoty. V tomto ohledu náš model vykazuje příznivější shodu s experimentem než obdobný model vytvořený Samcem [1], [2], avšak i tuto shodu je třeba ještě vylepšit a model dále vyladit. Podrobněji jsou popsané příčiny, neshody a návrhy k vylepšení modelu z hlediska prokluzu uvedeny v dizertační práci prvního autora článku [3].

Shrnutí

Výsledky numerického modelu přijatelně korespondují s výsledky experimentu. Numericky stanovená hodnota únosnosti činí 88,5 % únosnosti experimentální. Shoda ve vypočteném prokluzu mezi ocelí a betonem je 41,5 %. Podle průběhu napětí a deformace v numerickém modelu lze usoudit



Obr. 8. Deformace protlačovacího vzorku a numerického modelu

na následující způsob porušení protlačovacího vzorku: relativně krátká osová vzdálenost prvního (horního) uzavřeného otvoru lišty od jejího okraje způsobuje plastifikaci oceli v její horní části. Plastická deformace je v našem případě navíc podpořena použitím vysokopevnostního betonu. Vlivem nadměrné plastifikace horního otvoru dochází k redistribuci smykové síly v ocelové části směrem k dalším otvorům lišty. Nejméně deformovaná část lišty u dolního otvoru přenáší větší část smykové síly, která způsobuje nadměrnou deformaci betonu v jejím okolí. Porušení sprážením je následně způsobeno usmyknutím betonových kolíků, o čemž svědčí nadměrné tahové porušení betonu při jejich horním lici. Oddělení betonové desky od pásnice ocelového profilu, ke kterému došlo při experimentu, bylo potvrzeno i numerickým modelem (obr. 8) a je pravděpodobně způsobeno přítomností otevřených otvorů lišty, které „odtláčují“ beton dále od ocelového profilu.

Závěr

V článku se rekapituluje výsledky dlouholetého výzkumu spřahovací lišty vhodné pro ocelobetonové konstrukce a popisují se úskalí při tvorbě počítačového modelu chování lišty, viz např. [20]. Model je nyní odladěn, dobře předvídá únosnost, a může tedy sloužit k parametrickým studiím únosnosti různých tvarů lišty, případně i k optimalizaci jejího tvaru. Je také dobrým základem pro ještě složitější model, který by vystihl i chování lišty při opakovaném zatěžování. Tvorba numerického modelu je přitom stále ještě ve fázi vývoje, v současnosti se připravuje obdobný typ v MKP softwaru ATENA, který je specializovaným programem pro řešení železobetonových konstrukcí [21], [22], [23].

Výzkum spřahovací lišty byl na Fakultě stavební ČVUT v Praze podporován již několika projekty GA ČR, naposledy č. 103/05/2003.

Literatura

- [1] Samec, J.: Chování perforované lišty v ocelobetonových konstrukcích. [Dizertace], Praha, ČVUT, 2004.
- [2] Samec, J. – Studnička, J.: Model chování spřahovací lišty při statickém namáhání. *Stavební obzor*, **13**, 2004, č. 6, s. 165–170.
- [3] Mareček, J.: Perforovaná lišta. [Dizertace], Praha, ČVUT, 2006.
- [4] Studnička, J.: Ocelové a ocelobetonové konstrukce. Praha, ČKAIT 2000.
- [5] Studnička, J.: Ocelobetonové konstrukce 20. Praha, Vydavatelství ČVUT 2005.
- [6] EN 1994-1-1 Eurocode 4 Design of Composite Steel and Concrete Structures, Part 1.1 – General Rules and Rules for Buildings. CEN Brussels, 2004.
- [7] EN 1994-2 Eurocode 4 Design of Composite Steel and Concrete Structures, Part 2 – General Rules and Rules for Bridges. CEN Brussels, 2005.
- [8] ČSN EN 1994-1-1 Eurokód 4 Navrhování spřahovaných ocelobetonových konstrukcí, Část 1.1 – Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby. ČNI, 2006.
- [9] ČSN EN 1994-2 Eurokód 4 Navrhování spřahovaných ocelobetonových konstrukcí, Část 2 – Obecná pravidla a pravidla pro mosty. ČNI, 2006.
- [10] Leonhardt, F. – Andra, W. – Andra, H. P. – Harre, W.: Neues, vorteilhaftes Verbundmittel für Stahlverbund Tragwerke mit hoher Dauerfestigkeit. *Beton und Stahlbetonbau*, 1987.
- [11] Studnička, J. – Macháček, J.: Spřahovací prvky pro ocelobetonové konstrukce. *Stavební obzor*, **10**, 2001, č. 7, s. 193–199.
- [12] Studnička, J.: Experimenty s opakovaným namáháním spřahovací lišty. *Stavební obzor*, **12**, 2003, č. 7, s. 197–200.

- [13] Macháček, J. – Studnička, J.: Stahlbetonverbundtrager mit Perfobond Leiste. Stahlbau, No. 1, 1999.
- [14] Studnička, J. – Macháček, J. – Krpata, A. – Svitáková, M.: Perforated Shear Connector for Composite Steel and Concrete Beams. Journal of ASCE-Composite Construction In Steel and Concrete, 2002.
- [15] Macháček, J. – Studnička, J.: Perforated Shear Connectors, Steel and Composite Structures, Vol. 2, No. 1, 2002.
- [16] Studnička, J. – Samec, J. : Perforated Connector for Composite Steel and Concrete Beams. Proceedings of SDSS 2002 Colloquium, Budapest, 2002.
- [17] Studnička, J.: Fatigue Strength of Perforated Shear Connector. Proceedings of VSU Conference, Sofia, 2003.
- [18] Mareček, J. – Samec, J. – Studnička, J.: Perfobond Shear Connector Behaviour. Proceedings of Eurosteel 2005, Maastricht, 2005.
- [19] ABAQUS Online Documentation: Version 6.4-1, ABAQUS, Inc., 2003.
- [20] Mareček, J. – Chromiak, P. – Studnička, J.: Numerical Model of Perforated Shear Connector. Proceedings of Metal Structures Conference, Rzeszow, 2006.
- [21] Chromiak, P. – Studnička, J.: Load Capacity of Perforated Shear Connector, Pollack Periodica, Int. Journal for Civil-Informatics Engineering, Vol. 1, No. 1, 2006.
- [22] Chromiak, P. – Studnička, J.: Shear Connector for Composite Beam. Proceedings of Romanian National Conference on Steel Structures, Braşov, 2006.
- [23] Chromiak, P. – Studnička, J.: Computer Model of Perfobond Connector. Proceedings of SDSS Conference, Lisbon, 2006.

Mareček, J. – Studnička, J.: Shear Connector Advanced Model

The perforated shear connector, which is successfully being used for shear connection of a steel beam and a concrete slab in steel and concrete composite beams, was in detail tested at the Czech Technical University in Prague (CTU) in two standardized types. Based on the test results formulae for the static shear strength of this connector were derived. Only three tests with repeated loading of one connector type, when material fatigue occurs, were carried out. The experimentally assessed shear load capacity of the connector is apposite, but also time and cost consuming. Therefore, the need of computational models that would effectively and precisely predict the connector's shear resistance, arises. Samec presented in [1], [2] the results of the first numerical model that commenced further model development. This paper is focused on the progress concerning this issue that is represented mainly by the PhD thesis of the first author [3].

Mareček, J. – Studnička, J.: Fortschrittliches Modell einer Zahnleiste

Eine perforierte Zahnleiste, die ein geeignetes Verbundmittel für Stahlbeton-Kompositräger ist, wurde an der TU Prag sehr detailliert experimentell in zwei unterschiedlichen Formen geprüft. Von den Ergebnissen wurden Entwurfsformeln für die Bestimmung der Schubfestigkeit der Leiste für statische Beanspruchung abgeleitet. Für eine wiederholte Beanspruchung, wo auch die Materialermüdung eine Rolle spielt, sind bisher nur drei Prüfungen mit einem Leistentyp durchgeführt worden. Allgemein sind Prüfungen der Schubfestigkeit einer Leiste relativ einfach und dabei treffsicher, aber sie sind teuer und verbrauchen viel Zeit. Deshalb ist es angebracht, ein numerisches Modell des Durchdrückmusters zu schaffen und die Tragfähigkeit weiterer Leistenmodifikationen auf diese Weise zu prüfen. Das erste derartige Modell hat J. Samec [1], [2] vorbereitet. Die Weiterentwicklung dieses Modells wird im vorliegenden Artikel beschrieben.

• osobní zprávy

Za profesorem Františkem Čihákem



Uprostřed léta, 27. července 2006, jsme se rozloučili s prof. Ing. Františkem Čihákem, DrSc., vedoucím Katedry hydrotechniky a proděkanem Fakulty stavební ČVUT. Podlehl po více než půlročním zápase o nové srdce ve věku 54 let, k velké lítosti všech, kdo ho znali, popř. měli možnost s ním spolupracovat.

Byl špičkovým inženýrem v tom nejryzejším slova smyslu. Ve svém oboru, ať již šlo o kovové konstrukce vodních staveb, či vodní elektrárny, přinesl mnoho původních myšlenek a technických řešení, které bezprostředně prosadil do praxe. Jeho odborné aktivity však měly podstatně širší rozsah. Vždy překvapoval syntetickým pojetím teoretických základů inženýrství a programovým využíváním nejnovějších výpočetních metod při posuzování konstrukcí. Objem práce, který soustavně zvládal, se vymykal i nejnáročnějším měřítkům. Přitom měl vzácnou schopnost hodnotit význam problémů, které přinášel život, a odhadovat jejich důležitost i ve vzdálené perspektivě.

Jeho dílo na fakultě, kam přišel po letech projekční praxe v roce 1979, ať již jde o pedagogickou činnost, vědeckovýzkumnou práci, či významné aktivity v řídicí činnosti a reprezentaci vůči praxi – v akademickém senátu a vedení fakulty, bylo obdivuhodné. Tím citelnější je ztráta, kterou v jeho osobě ČVUT zaznamenalo. Mohl být mimořádně úspěšným v praxi, jako představitel výroby hydroenergetických zařízení či špičkový projektant, on však se programově soustředil na aktivity v zájmu fakulty, resp. Katedry hydrotechniky, jehýmž vedoucím byl od roku 1999.

František Čihák byl mimořádná lidská osobnost s pozitivním vlivem na své spolupracovníky a s pochopením pro jejich starosti. Velmi se věnoval rodině, pěstoval úspěštilé záliby. Při neformálním rozloučení vyzvedl děkan fakulty prof. Z. Bittnar jeho výjimečnou schopnost hledat a nacházet racionální řešení různých problémů a východiska i z velmi komplikovaných situací a také jeho vzácné lidské vlastnosti.

L. Satrapa,
V. Broža

Návrh betonového průřezu vyztuženého nekovovou výztuží

Ing. Lukáš JANDA

prof. RNDr. Ing. Petr ŠTĚPÁNEK, CSc.

VUT – Fakulta stavební
Brno

Článek uvádí porovnání návrhu kompozitního betonového průřezu s nekovovou výztuží podle americké normy ACI 440.1R-03 [2], evropské EN 1992-1-1 [4] a podle doporučení výrobce nekovové výztuže [1]. Na základě výsledků lze odvodit návrhy na „doplnění“ EC2 tak, aby ji bylo možné použít pro navrhování betonových konstrukcí s nekovovou výztuží. Dále je uvedeno zjednodušené porovnání konstrukce vyztužené ocelí B490, nerezem EN 1.4301, uhlíkovými vlákny a skleněnými vlákny.

Úvod

Železobeton patří k nejpoužívanějším stavebním materiálům. Důvodem je zejména vysoká tuhost, tvarová rozmanitost a relativně dlouhá životnost výsledné konstrukce, ovšem za předpokladu, že není vystavena agresivnímu prostředí. Právě v těchto případech je návrh ocelové výztuže problematický, protože agresivní prostředí způsobuje její degradaci, která může vést k nutnosti opravy celé konstrukce, v horším případě k její havárii. Tento problém lze řešit zesílením krycí vrstvy, ochranou ocelové výztuže nátěry, např. epoxidovými, nebo výztuží, která korozi nepodléhá.

V dnešní době se používají kompozitní materiály na bázi skleněných, uhlíkových a aramidových vláken, tvořících nosnou část, a polymerické pryskyřice jako pojiva. Nekovová výztuž má svá specifika, k nimž je třeba přihlížet již při návrhu, který musí být principiálně shodný s návrhem ocelové výztuže. V článku se budeme zabývat porovnáním návrhu průřezu podle americké normy [2], evropské [4] a doporučením výrobce. Norma ACI již postup návrhu průřezu vyztuženého nekovovou výztuží obsahuje. Z porovnání lze odvodit možnosti „doplnění“ běžně používané EC2 tak, aby ji bylo možné využít při navrhování betonových konstrukcí s nekovovou výztuží.

Stanovení zatížení

■ ACI 440.1R-03

Pro stanovení zatížení používá vlastní normu – charakteristické hodnoty zatížení se násobí součiniteli spolehlivosti. V mezích stavech se používají různé kombinace zatížení podle jednotlivých posudků. Pro stanovení průhybů se uvažuje plně stálé i nahodilé zatížení v charakteristických hodnotách. Při posuzování dlouhodobého napětí se uvažují všechna dlouhodobě působící zatížení (stálá i nahodilá) v charakteristické hodnotě. Dílčí součinitel spolehlivosti v případě posuzování únosnosti má pro stálé zatížení hodnotu 1,4 a pro nahodilé 1,7.

■ EN 1992-1-1

Vlastní norma specifikuje dílčí součinitele spolehlivosti pro různé druhy zatížení. Hlavní rozdíl proti ACI je v tom, že chybí kombinace, ve které by byla zahrnuta všechna dlouhodobě působící zatížení. Ta je důležitá pro posuzování dlouhodobě úrovně napětí ve výztuži. Při dlouhodobém působení napětí, které překročí mez závislou na typu vláken, se nekontrolovatelně dotvarovává a může se i přetrhnout.

■ Doporučení výrobce

Postup vychází z EC 2 s tím rozdílem, že zde se počítá přímo s charakteristickými hodnotami zatížení bez jakýchkoli součinitelů spolehlivosti. Do výpočtu se zahrne pouze skutečná vlastní tíha a skutečné užité zatížení podle tabulek EC. Při stanovení zatížení se nerozlišuje, zda se posuzuje podle mezních stavů první nebo druhé skupiny. Pro obě se používá stejné zatížení. Tento přístup je dán „přísnou“ podmínkou pro určení výpočtové pevnosti výztuže, která pak zajišťuje potřebnou bezpečnost.

Ohybová únosnost

■ ACI 440.1R-03

Výpočet ohybové únosnosti prvku vychází z rovnováhy sil na průřezu.

Materiálové charakteristiky

Při výpočtu ohybové únosnosti prvku se statisticky zaručená pevnost výztuže násobí součinitelem spolehlivosti c_e , který nabývá hodnot od 0,7 do 1,0 podle toho, v jakém prostředí se konstrukce nachází a jaký typ vláken obsahuje výztuž. Beton se v návrhu uvažuje zaručenou pevností v tlaku f'_c , jejíž hodnota pro danou třídu betonu přibližně odpovídá charakteristické hodnotě pevnosti betonu f_{ck} [4].

Možnosti porušení

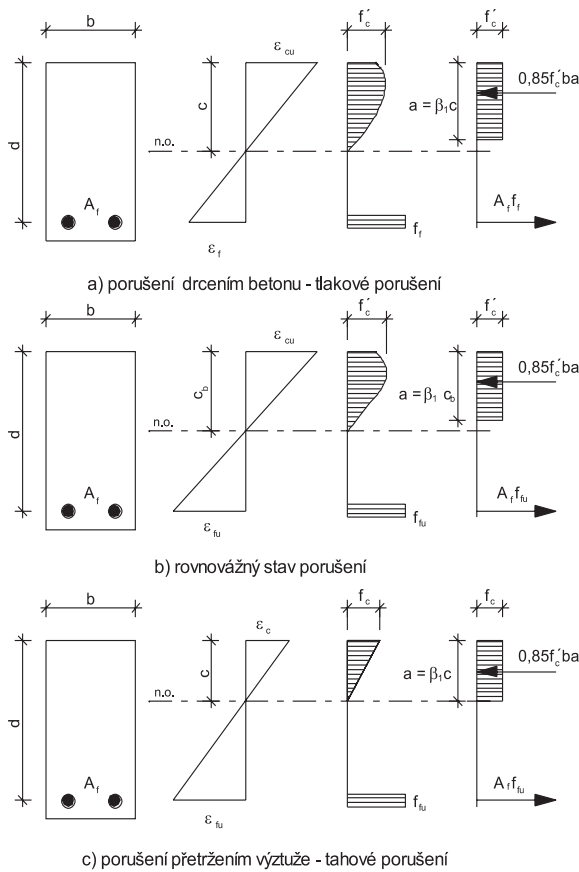
V mezním stavu únosnosti musí být dosaženo mezního přetvoření alespoň v jednom materiálu. Z toho teoreticky vyplývá, že může nastat mezní přetvoření:

- v betonu $\varepsilon_c = 0,003$ a dojde k jeho drcení;
- v betonu i výztuži zároveň;
- ve výztuži, která se přetrhne.

To, který případ nastane, určuje balanční stupeň vyztužení, jenž udává procentní podíl vyztužení, při němž dojde u daného průřezu a materiálu k porušení přetržením výztuže i drcením betonu současně. Je-li skutečné vyztužení větší než balanční, poruší se prvek drcením betonu v oblasti tlačných vláken.

Teoreticky je zřejmé, že pokud bude skutečné vyztužení větší než balanční, dojde k porušení prvku drcením betonu, na stavbě však může vlivem odchylek rozměrů proti návrhu nebo použitím betonu vyšší pevnosti dojít k porušení výztuže přetržením. Proto je v ACI uvedeno, že k porušení drcením dojde až tehdy, bude-li skutečný stupeň vyztužení větší než 1,4násobek balančního stupně. To souvisí především s redukčním faktorem ϕ , který má různou hodnotu pro jedno-

tlivé typy porušení. Průběh přetvoření a napětí podle typu porušení průřezu ukazuje obr. 1.



Obr. 1. Možnosti porušení průřezu podle americké normy [2]

Tlakové porušení

Při tlakovém porušení je dosaženo mezního poměrného přetvoření 0,003, beton se začne chovat plasticky, a poté drtit. Proto lze pro výpočet únosnosti průřezu nahradit skutečný průběh napětí obdélníkem podle obr. 1a. Napětí ve výztuži a výška tlacené oblasti betonu jsou v tomto případě neznámé a k jejich jednoznačnému určení jsou nutné dvě rovnice. První je rovnováha sil na průřezu

$$0,85 \cdot a \cdot b \cdot f'_c = A_f \cdot f_f \quad (1)$$

druhá vyplývá z lineárního průběhu poměrného přetvoření po výšce

$$\epsilon_f = \epsilon_{cu} \cdot \frac{\beta_1 \cdot d - a}{a} \quad (2)$$

Pokud do (1) dosadíme z Hookeova zákona

$$\epsilon_f = f_f / E_f \quad (3)$$

a za $\epsilon_{cu} = 0,003$, dostaneme vztah pro výpočet napětí ve výztuži

$$f_f = \left[\sqrt{\frac{(E_f \cdot \epsilon_{cu})^2}{4} + \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f'_c}{\rho_f} \cdot E_f \cdot \epsilon_{cu}} - 0,5 \cdot E_f \cdot \epsilon_{cu} \right] \leq f_{fu} \quad (4)$$

Výsledný moment únosnosti pak lze počítat z rovnice

$$M = A_f \cdot f_f \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right) \quad (5)$$

Pokud místo plochy výztuže dosadíme stupeň vyztužení a velikost tlacené části betonu vyjádříme z rovnováhy sil na průřezu, dostaneme alternativní vztah pro výpočet momentu únosnosti

$$M = \rho_f \cdot f_f \cdot \left(1 - 0,59 \cdot \frac{\rho_f \cdot f_f}{f'_c} \right) \cdot b \cdot d^2 \quad (6)$$

kde stupeň vyztužení

$$\rho_f = A_f / (b \cdot d) \quad (7)$$

Význam ostatních symbolů je zřejmý z obr. 1.

Tahové porušení

Pokud je skutečné vyztužení menší než balanční, při němž dojde k tahovému porušení přetržením výztuže, nelze pro beton použít obdélníkové rozložení napětí, protože hodnota dosaženého poměrného přetvoření v betonu, a tím i poloha neutrální osy, je neznámou. To je způsobeno tím, že nekovová výztuž se chová po celou dobu zatěžování lineárně, a to až do porušení. Je zřejmé, že poloha neutrální osy, a tím i dosažené přetvoření v betonu, závisí na mnoha faktorech, zejména na množství výztuže, vlastnostech betonu a rozměrech průřezu. Při mezním přetvoření ve výztuži je průběh napětí v betonu neznámý a může být zcela lineární, nebo některá část tlacené oblasti se již může chovat plasticky.

V normě [2] není uvedeno přesné řešení tohoto typu porušení u prvku s nekovovou výztuží. Pro výpočet neznámé výšky tlacené oblasti je použit vztah (8), který vychází z lineárního průběhu poměrného přetvoření po výšce průřezu na obr. 1b a dává maximální možnou výšku tlacené oblasti v případě tahového porušení

$$c_b = \left(\frac{\epsilon_{cu}}{\epsilon_{cu} + \epsilon_{fu}} \right) \cdot d \quad (8)$$

Protože výsledkem je maximální výška tlacené oblasti, které odpovídá nejmenší rameno vnitřních sil, a tím i nejmenší moment únosnosti, je takto určená výška tlacené oblasti na stranu bezpečnou.

Výsledný moment únosnosti pak lze vypočítat z rovnice

$$M = 0,8 \cdot A_f \cdot f_{fu} \cdot \left(d - \frac{\beta_1 \cdot c_b}{2} \right) \quad (9)$$

kde násobitel 0,8 zajišťuje dostatečnou bezpečnost návrhu.

Redukční faktor

Tímto součinitelem se redukuje ohybová únosnost prvku. Podle toho, jakým způsobem dojde k porušení prvku, nabývá ϕ hodnot 0,5 – 0,7. Důvod snížení jeho únosnosti spočívá v zajištění dostatečné rezervy přetvoření (duktility) konstrukce bez složitých výpočtů. V případě porušení prvku přetržením výztuže $\phi = 0,5$. Pokud by moment únosnosti nebyl tímto součinitelem snížen, došlo by ihned po nepatrném překročení maximální únosnosti prvku k přetržení výztuže a k havárii průřezu. Toto chování je způsobeno tím, že FRP má až do porušení lineární pracovní diagram.

Pokud je prvek poruší drcením betonu, což znamená, že skutečný stupeň vyztužení musí být 1,4násobkem balanční-

ho stupně vyztužení, $\phi = 0,7$. Tato hodnota je stejná u prvku vyztuženého pouze ocelovou výztuží. To, že je hodnota stejná, vyplývá z principu porušení prvku, kdy o něm rozhoduje tlacený beton, a nikoli tažená výztuž. Při skutečném vyztužení z intervalu $(\rho_{fb}; 1,4 \cdot \rho_{fb})$ se určí redukční faktor lineární interpolací podle vztahu

$$\phi = \frac{\rho_f}{2 \cdot \rho_{fb}} \quad (10)$$

■ EN 1992-1-1

Norma [4] neobsahuje explicitní metodiku pro návrh nekovové výztuže do betonových prvků, způsob výpočtu užitý pro kovové výztuže však lze využít a extrapolovat vztahy. Nekovová výztuž má rozdílné charakteristiky a chování, proto je nutné upozornit na specifika návrhu betonového prvku s touto výztuží.

Materiálové charakteristiky

V současné době nejsou v normě [4] stanoveny dílčí součinitele spolehlivosti materiálu pro nekovovou výztuž. Vzhledem k tomu, že jde o kompozitní materiál vyráběný ve specializovaných výrobnách, lze předpokládat, že by se hodnota součinitele mohla pohybovat kolem 1,25–1,30, v závislosti na druhu výroby výztuže. Pro beton je stanoven dílčí součinitel spolehlivosti materiálu $\gamma_c = 1,50$.

Možnosti porušení

Stejně jako v ACI i v EN musí být v mezním stavu dosaženo mezního přetvoření alespoň v jednom materiálu. Evropská norma rozlišuje dva případy porušení:

- tlakové drcením betonu (v betonu je dosaženo mezního poměrného přetvoření 0,0035 pro beton < C50/60);
- tahové přetržením výztuže (ve výztuži je napětí na úrovni její meze kluzu).

Proti americké normě se neurčuje balanční vyztužení, ale kontroluje se limitní poměr tlacené oblasti betonu k účinné výšce průřezu, který udává maximální výšku tlacené oblasti, při které je ve výztuži přetvoření rovno alespoň přetvoření na mezi kluzu

$$\xi_{bal,1} = \frac{\varepsilon_{cu}}{\varepsilon_{cu} + \varepsilon_{fd}} \quad (11)$$

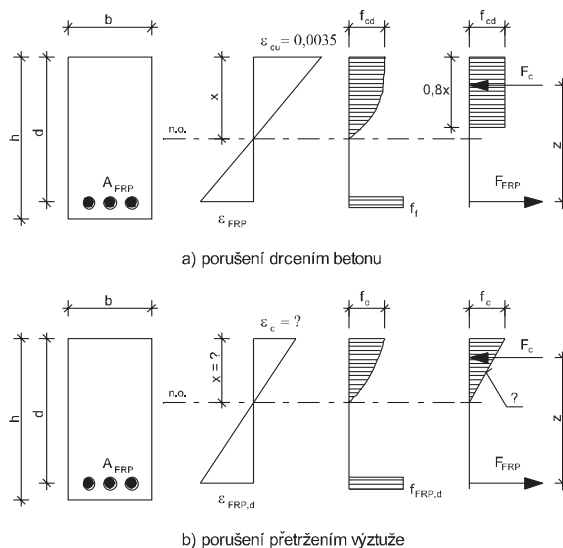
Pokud je skutečná tlacená výška větší než limitní, dojde k tlakovému porušení, a naopak, pokud je tlacená výška menší než limitní, dojde k tahovému porušení. Tuto podmínku lze ekvivalentně vyjádřit pomocí poměrného přetvoření výztuže

$$\varepsilon_f = \frac{\varepsilon_{cu}}{x} \cdot (d - x) \quad (12)$$

Pokud je výsledné přetvoření ε_f menší než přetvoření na mezi kluzu výztuže ε_{fd} , jde o tlakové porušení, a naopak, je-li výsledné přetvoření větší než přetvoření na mezi kluzu, jde o porušení tahové. Zde je největší rozdíl proti prvku s ocelovou výztuží, protože výztuž FRP žádnou mez kluzu nemá a po dosažení mezního poměrného přetvoření se přetrhne. Průběh poměrného přetvoření a napětí po výšce průřezu pro jednotlivé typy porušení ukazuje obr. 2.

Tlakové porušení

Pokud ve výztuži není dosaženo poměrného přetvoření na mezi kluzu (únosnosti), dojde k porušení prvku drcením betonu. Stejně jako v ACI i v EN lze v tomto případě nahradit obecný průběh napětí v betonu obdélníkem, což je zřejmé z obr. 2a. Při tlakovém porušení je přetvoření ve výztuži a výška tlacené oblasti neznámou. Pro řešení máme k dis-



Obr. 2. Možnosti porušení průřezu podle evropské normy [4]

pozici opět dvě rovnice. První je rovnováha sil na průřezu (obr. 2a)

$$0,8 \cdot x \cdot b \cdot f_{cd} = A_{FRP} \cdot f_{FRP} \quad (13)$$

Druhá rovnice vychází z lineárního průběhu poměrného přetvoření po průřezu (obr. 2)

$$\frac{x}{0,0035} = \frac{d}{\frac{f_{FRP}}{E_{FRP}} + 0,0035} \quad (14)$$

Vyjádřením neznámé f_{FRP} z rovnice (14) a dosazením do (13) vznikne kvadratická rovnice, jejímž řešením je výška tlacené oblasti betonu. Pokud známe tlacenou výšku betonu, můžeme ze vztahu (13) dopočítat napětí ve výztuži f_{FRP} . Výsledný moment únosnosti se vypočítá podle vztahu

$$M_{Rd} = A_{FRP} \cdot f_{FRP} \cdot \left(d - \frac{0,8 \cdot x}{2} \right) \quad (15)$$

V zásadě lze říci, že při tlakovém porušení je filozofie výpočtu stejná jako podle americké normy.

Tahové porušení

Tahové porušení prvku nastane při překročení přetvoření na úrovni meze kluzu výztuže. Nekovová výztuž však mez kluzu nemá a při překročení jejího mezního přetvoření v tahu (resp. po dosažení mezního napětí tahové pevnosti) se přetrhne. Navíc je v normě [4] požadováno, aby byla schopna po dosažení návrhového napětí (u oceli meze kluzu) dále se plasticky přetvářet. Tím, že se dále plasticky přetváří, ovlivní růst poměrného přetvoření v betonu, čímž umožní, aby se také beton začal chovat plasticky. Pak je možné použít náhradní obdélníkový průběh napětí po tlacené části betonu.

Pokud bude nekovová výztuž navrhována na vlastní mezní únosnost v tahu, nesplní podmínku dalšího přetvoření, protože ihned po nepatrném zvýšení napětí (přetvoření) se přetrhne. Průběh napětí po tlacené betonové části je proto neznámý a nelze ho obecně nahradit obdélníkem, protože nevíme, zda se beton chová ještě lineárně, nebo již plastic-

ky. To závisí na velikosti dosaženého přetvoření v betonu. Zjednodušeně by se dalo říci, že při nízkém podílu vyztužení, za předpokladu tahového porušení, se beton bude chovat lineárně a při zvyšování podílu vyztužení se začne postupně chovat plasticky až do doby, kdy přejde v tlakové porušení.

Otázkou tedy je, jak určit průběh napětí po tlacené části průřezu nebo navrhnout výztuž v případě tahového porušení na nižší hodnotu výpočtové pevnosti v tahu podobně jako v normě [2], kde toto zabezpečuje redukční faktor $\phi = 0,5$. Ohybová únosnost prvku při tahovém porušení se vypočte ze vztahu

$$M_{Rd} = A_{FRP} \cdot f_{FRP,d} \cdot \left(d - \frac{\lambda \cdot x}{2} \right). \quad (16)$$

Pro nekovovou výztuž je však sporná hodnota mezního napětí v tahu výztuže $f_{FRP,d}$ a rameno vnitřních sil ze vztahu (16).

■ Doporučení výrobce

Princip výpočtu vychází z teorie omezení napětí podle [4]. Pro beton je stanoveno maximální dovolené napětí, a to

$$\sigma_c \leq 0,45 \cdot f_{ck}. \quad (17)$$

Pro výztuž je maximální dovolené napětí stanoveno

$$\sigma_{GFRP} \leq 0,25 \cdot f_{GFRP,d}. \quad (18)$$

Toto omezení platí pouze pro výztuž se skleněnými vlákny. Pro jiné materiály bude nutno stanovit jiné maximální napětí.

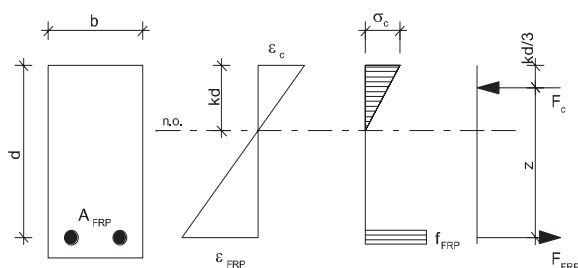
Ohybová únosnost

Výpočet skutečného napětí ve výztuži a betonu je založen na lineárním chování obou materiálů. Tento předpoklad nekovová výztuž splňuje, protože její chování je lineární po celou dobu až do porušení. Co se týče betonu, tak v něm se napětí pohybuje na nízké úrovni, a lze proto jeho chování uvažovat lineárně. Napětí v betonu a ve výztuži můžeme vypočítat ze vztahů

$$M = F_c \cdot z = \frac{1}{2} \cdot b \cdot kd \cdot \sigma_c \cdot \left(d - \frac{kd}{3} \right), \quad (19)$$

$$M = F_{FRP} \cdot z = A_{FRP} \cdot \sigma_{FRP} \cdot \left(d - \frac{kd}{3} \right), \quad (20)$$

kde σ_c a σ_{FRP} jsou určované hodnoty napětí a M je návrhová hodnota ohybového momentu. Význam ostatních veličin a průběh napětí v jednotlivých materiálech je zřejmý z obr. 3.



Obr. 3. Průběh přetvoření a napětí po průřezu

Velikost tlacené výšky kd se určí z rovnosti statických momentů ploch tažené a tlacené části průřezu k těžišti

$$\frac{b \cdot (kd)^2}{2} - n_f \cdot A_{FRP} \cdot (d - kd) = 0. \quad (21)$$

Dlouhodobé napětí

Při zkouškách vlastností bylo zjištěno, že pokud je nekovová výztuž vystavena dlouhodobému působení napětí nad určitou mez, která se liší podle druhu vláken, dochází u ní k nekontrolovatelnému dotvarování, které může končit jejím přetržením.

■ ACI 440.1R-03

Mezní přípustné hodnoty dlouhodobého napětí ve výztuži jsou zde stanoveny podle typu vláken. Dlouhodobé napětí se určuje pro dlouhodobá zatížení stálá i nahodilá v plné charakteristické hodnotě. Při výpočtu je uvažováno s lineárními chováními materiálu a vyloučením betonu v tahu. Napětí ve výztuži lze počítat ze vztahu

$$f_{f,s} = \frac{M_s}{A_f \cdot d \cdot (1 - k/3)}, \quad (22)$$

kde M_s je moment od uvažovaného dlouhodobého zatížení, A_f plocha výztuže, d účinná výška průřezu a k podíl výšky tlacené části k účinné výšce d . Výšku lze vypočítat z pružné analýzy průřezu nebo pomocí vztahu

$$k = \sqrt{(\rho_f \cdot n_f)^2 + 2 \cdot \rho_f \cdot n_f} - \rho_f \cdot n_f, \quad (23)$$

kde ρ_f je stupeň vyztužení a n_f je poměr modulu pružnosti výztuže a betonu.

■ EN 1992-1-1

Posuzování dlouhodobého napětí zde není obsaženo. Hlavní problém je v tom, že nejsou stanoveny mezní hodnoty dlouhodobých napětí pro nekovovou výztuž a není dána kombinace zatížení, pro kterou by se dlouhodobé napětí mělo počítat. Výpočet, který je uvedený v normě [2], je možné provést i podle [4]. Pružná analýza se používá také pro stanovení tlacené výšky betonové části při určování průřezových charakteristik trhlinou porušeného průřezu. Dlouhodobé napětí se dá vypočítat rovněž podle vztahu

$$f_{FRP} = \frac{M \cdot \alpha_e}{I_{cr}} \cdot (d - x), \quad (24)$$

kde α_e má stejný význam jako n_f v normě [2], I_{cr} je moment setrvačnosti trhlinou porušeného průřezu, d účinná výška a x výška tlacené oblasti betonu. Pokud by se tedy norma [4] doplnila o odpovídající mezní hodnoty dlouhodobých napětí ve výztuži a příslušné kombinace zatížení, mohl by být posudek dlouhodobého napětí podle ní proveden.

■ Doporučení výrobce

V návrhu podle doporučení výrobce výztuže se posouzení dlouhodobého napětí ve výztuži neuvádí. Příčinou je pravděpodobně velké omezení napětí ve výztuži při posuzování ohybové únosnosti podle vztahu (18).

Průhyb

Postup při posuzování deformací ohýbaného prvku je ve všech třech algoritmech výpočtu podobný. Všechny vycházejí z rozdílné tuhosti průřezu před vznikem trhlin a po něm.

Pro výslednou tuhost je pak stanovena určitá závislost mezi tuhostí průřezu bez trhliny a tuhostí průřezu porušeného trhlinou podle poměru momentu na mezi vzniku trhlin k působícímu momentu.

Trhliny

Šířka trhliny nemá pro prvky vyztužené nekovovou výztuží velký vliv na její životnost, protože nepodléhá korozi. Pokud je splněna podmínka maximálního průhybu, není nutné šířku trhlin posuzovat. Bylo by tomu tak pouze v případech, kdy by byly nevhodné z estetického hlediska, vodotěsnosti betonu atd.

Ekonomické porovnání

Pro zdůraznění důvodů k uplatnění nekovové výztuže jsou rovněž uvedeny ceny a množství různých typů výztuže. Porovnávají jsou pouze náklady na vyztužení konstrukce bez dalších nákladů, které tvoří bednění, vázání výztuže, doprava apod.

Zvolenou konstrukcí je podzemní kolektor pro vedení inženýrských sítí, navržený se čtyřmi typy výztuže, a to ocelovou B490, nerezovou EN 1.4301 a nekovovou výztuží se skleněnými nebo uhlíkovými vlákny. Kolektor o rozměrech 4,6 x 3,6 m má být uložen 2,5 m pod povrchem. Tloušťka jeho stěny je 0,3 m, pro výztuž se skleněnými vlákny ji bylo nutné zesílit na 0,4 m. Nad kolektorem je parkovací plocha pro osobní vozidla. Geometrie navržené konstrukce je znázorněna na obr. 4.

Cenu (bez DPH) jednotlivých typů výztuže kolektoru uvádí obr. 5 (u nerezové jde pouze o ceny hladké tyče). Jak je z obrázku zřejmé, nekovová výztuž je podstatně dražší než standardní ocelová výztuž B490. Bude-li ovšem konstrukce

vystavena působení agresivního prostředí, je pravděpodobné, že se počáteční vyšší investice vrátí v podobě provozu bez nutnosti údržby po dobu její životnosti.

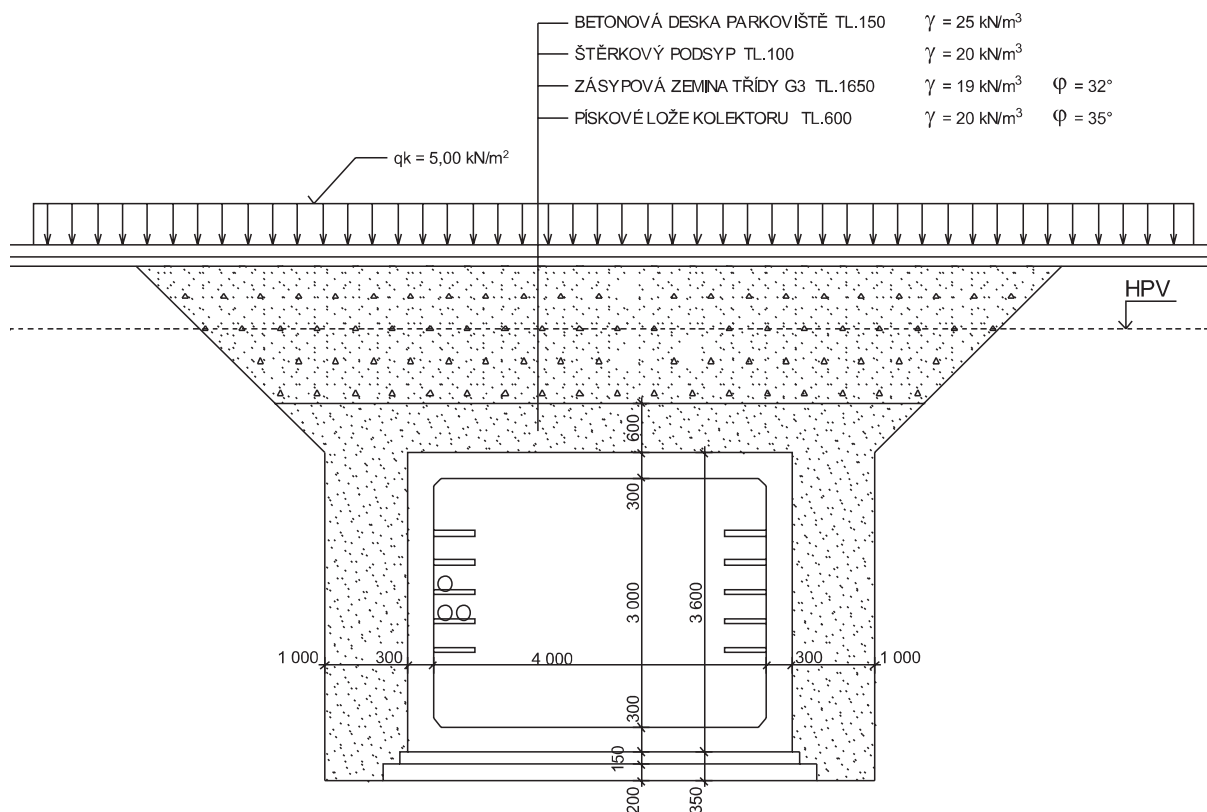
Hmotnost výztuže potřebné k vyztužení 1 běžného metru kolektoru je uvedena v tab. 1. Nejlehčí je výztuž s uhlíkovými vlákny, nejtěžší nerezová výztuž. Zajímavější je porovnání nerezové výztuže, která má také dobré antikorozi vlastnosti, s nekovovou výztuží. Zde cena jednoznačně hovoří ve prospěch nekovové výztuže a výhodou je její podstatně nižší hmotnost.

Tab. 1. Hmotnost výztuže

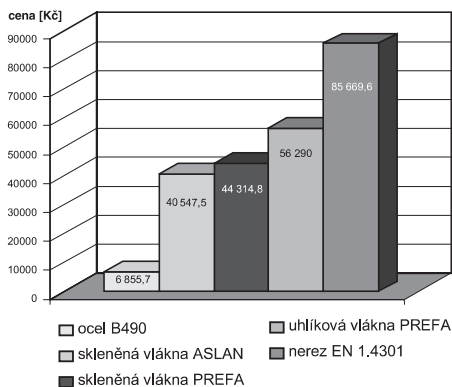
Typ	Ocel B490	Vlákna		Nerez
		skleněná	uhlíková	
hmotnost [kg]	496,79	287,98	66,39	869,83

U některých konstrukcí může být ekonomické optimalizovat tloušťku prvku pro snížení celkové ceny průřezu. Pokud zvětšíme jeho tloušťku, dosáhneme většího ramene vnitřních sil, a tím i větší únosnosti průřezu při stejném vyztužení (resp. stejné únosnosti při menším množství výztuže). Jestliže jde o konstrukci uloženou pod zemí, nedojde při zvětšení tloušťky prvku k podstatné změně vnitřních sil, protože zeminu nahradí beton, který má asi jen o pětinu větší objemovou hmotnost.

Nekovová výztuž tvoří podstatnou část ceny průřezu. Cílem optimalizace je najít výšku průřezu, při níž se náklady na vyztužení a na beton rovnají. Tato výška je z hlediska ceny průřezu optimální, protože celková cena průřezu je nejnižší. Při dalším zvyšování bude potřebné množství a také cena výztuže klesat, ušetřené náklady však převáží cena betonu, a tím je celková cena průřezu vyšší. Toto zvětšování



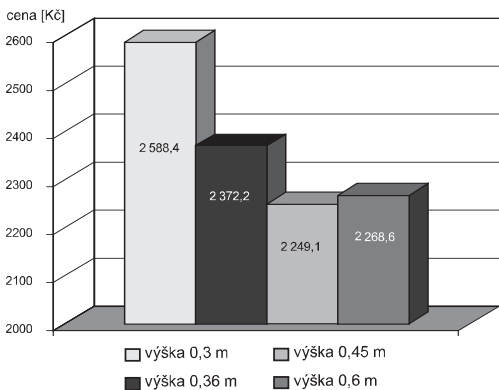
Obr. 4. Příčný řez kolektorem



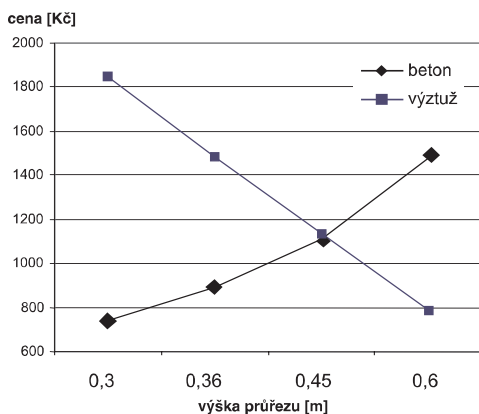
Obr. 5. Cena jednotlivých typů výztuže na 1 m (PREFA KOMPOZITY, belgický prodejce FORTIUS, BK International, Feron)

výšky průřezu lze provádět pouze tam, kde nejsou žádná konstrukční omezení a větší výška prvku nevádí.

U konstrukce podzemního kolektoru byl proveden optimalizační výpočet pro průřez uprostřed stropu. Byly zvoleny čtyři tloušťky desky a pro každou proveden návrh a posouzení vyztužení (pouze z hlediska první skupiny mezních stavů), a nakonec určeny celkové ceny. Jako optimální vyšla výška 0,45 m (obr. 6). Vývoj cen výztuže a betonu v závislosti na výšce průřezu je znázorněn na obr. 7. Je zřejmé, že pokud zvyšujeme výšku průřezu, cena výztuže klesá, betonu naopak roste. Optimální je výška 0,45 m, při níž se křivky protínají.



Obr. 6. Cena průřezů podle výšky



Obr. 7. Ceny betonu a výztuže podle výšky průřezu

Příspěvek vznikl za podpory projektu MPO 1H PK2-57 v rámci činnosti Centra integrovaného navrhování stavebních konstrukcí CIDEAS a za podpory Centra integrovaného výzkumu anorganických kompozitů CIVAK, 1M06005, vzniklých v rámci programu „Výzkumná centra PP2-DP01“ MŠMT ČR

Literatura

- [1] Aslan 100 GFRP – příklad návrhu FORTIUS. BK International, Diest.
- [2] ACI 440.1R-03 Guide for the Design and Construction of Concrete Reinforced with FRP Bars. American Concrete Institute, Farmington Hills, Michigan 48333-9094.
- [3] Procházková, J. – Štěpánek, P. – Krátký, J. – Kohoutková, A. – Vašková, J.: Navrhování betonových konstrukcí 1. Praha, Česká betonářská společnost, ČSSI a ČBS Servis, s.r.o., 2005.
- [4] EN 1992-1-1.
- [5] www.hughesbros.com
- [6] www.fortius.be
- [7] www.feron.cz
- [8] www.ceskomoravskybeton.cz
- [9] www.assda.asn.au/
- [10] www.outokumpu.com

Janda, L. – Štěpánek, P.: Design of a Concrete Cross-Section Reinforced with Non-Metallic Reinforcement

This paper presents comparison of the design of a composite concrete cross-section with non-metallic reinforcement according to US standard ACI 440.1R-03, European EN 1992-1-1 and recommendations of the producer of non-metallic reinforcement. Based on the results, proposals for an amendment of the currently applied EC2 can be derived to facilitate its use in the design of concrete structures with non-metallic reinforcement. Further, a simplified comparison of a structure reinforced with various types of reinforcement (including B490 steel, EN 1.4301 stainless steel, carbon fibres, and glass fibres) is made.

Janda, L. – Štěpánek, P.: Entwurf eines mit nichtmetallischer Bewehrung bewehrten Querschnitts

Der Artikel behandelt den Vergleich des Entwurfs eines Kompositbetonquerschnitts mit nichtmetallischer Bewehrung nach der amerikanischen Norm ACI 440.1R-03, der europäischen EN 1992-1-1 und nach der Empfehlung des Herstellers der nichtmetallischen Bewehrung. Aufgrund der Ergebnisse können Vorschläge zur „Ergänzung“ der heute bereits üblicherweise angewandten EC2 so abgeleitet werden, dass sie für das Entwerfen von Betonkonstruktionen mit nichtmetallischer Bewehrung angewandt werden kann. Des Weiteren wird ein vereinfachter Vergleich einer mit verschiedenen Bewehrungstypen (Stahl B490, Edelstahl EN 1.4301, Kohlefasern, Glasfasern) bewehrten Konstruktion angeführt.

Fuzzy neurčitost stochastických metod

doc. Ing. Zdeněk KALA, Ph. D.
VUT – Fakulta stavební
Brno

V článku je popsána metodika analýzy fuzzy neurčitosti pravděpodobnosti poruchy ocelové vzpěry zatížené stálým a dlouhodobým nahodilým zatížením. Je studována fuzzy náhodná neurčitost, jejíž příčinou jsou vágně (subjektivně) zadané histogramy vstupní náhodné veličiny dlouhodobého nahodilého zatížení. Fuzzy analýza pravděpodobnosti poruchy byla vyhodnocena podle obecného principu rozšíření, přičemž pravděpodobnost poruchy byla řešena metodou Monte Carlo. Je popsán proces fuzzifikace vstupního histogramu zatížení a proces defuzzifikace fuzzy čísla výstupní pravděpodobnosti poruchy. V závěru článku je diskutována problematika použití fuzzy pravděpodobnostních a pravděpodobnostních metod při posudku spolehlivosti systémů.

Úvod

V posledním období se stále častěji setkáváme se snahou posuzovat spolehlivost konstrukcí s využitím pravděpodobnostních metod. Stochastické metody pro navrhování konstrukcí, které vyžadují znalost histogramů zatížení, nutně vycházejí jak z objektivních, tak ze subjektivních vágních informací. Typickým příkladem vágní neurčitosti jsou histogramy účinků zatížení v metodě SBRA [6] nebo histogramy systémových imperfekcí ocelových rámu [3].

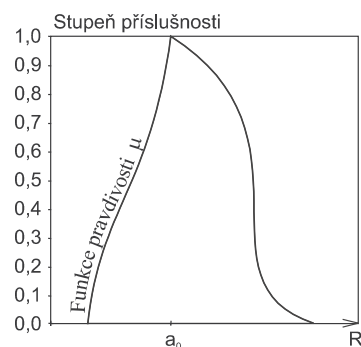
Jelikož je každá stavební konstrukce (až na výjimky) unikátní, není možno objektivně změřit všechny materiálové a geometrické imperfece na větším počtu konstrukcí. V období návrhu konstrukce často zcela chybějí statistické informace zatížení, jimiž bude konstrukce zatížena po dobu své životnosti.

Skutečnou hodnotu pravděpodobnosti poruchy konstrukce nejsme schopni zjistit; pracujeme proto jen s její teoretickou hodnotou, potřebnou pro srovnávání a rozhodování. Cenné informace a závěry plynoucí z pravděpodobnostního řešení tak mohou být do značné míry znehodnoceny v důsledku vágní neurčitosti vstupních veličin a výpočtových modelů. Na jedné straně tedy usilujeme o rozšíření pravděpodobnostních metod ve stavební praxi, na druhé straně nám však k tomu chybí dostatek výlučně objektivních statistických informací. Zde nastává důležitý moment, kdy je třeba ve výpočtu připustit a kvantifikovat i vliv subjektivní vágní (fuzzy) neurčitosti.

Vágnost jako průvodní jev všech složitých, obtížně popsatelných soustav, případně procesů, v nichž se uplatňuje lidský faktor, je nejčastěji formalizována pomocí aparátu fuzzy množinové teorie, jejímž zakladatelem je profesor kalifornské univerzity v Berkeley Lotfi A. Zadeh [15], [16]. Jeho fuzzy množinová teorie zobecňuje teorii abstraktních množin, kterou založil německý matematik George Cantor (1845–1918). V teorii klasických množin prvek do množiny buď patří, nebo nepatří. V Zadehově fuzzy množinové teorii

je fuzzy množina definována jako třída, která přiřazuje prvkům neurčitost pomocí jejich částečné příslušnosti formou stupně příslušnosti. Stupeň příslušnosti často označuje možnost skutečnosti, že prvek x patří do množiny X .

Jednou z možností znázornění fuzzy množiny prvků nacházejících se v množině reálných čísel je grafický způsob (obr. 1). Číslo vynesené na vodorovné ose vyjadřuje hodnotu, která je nepřesná, tj. „asi a_0 “. Na svislé ose je stupeň příslušnosti do množiny: 1 znamená, že prvek patří do množiny zcela, 0 znamená, že prvek nepatří do množiny vůbec. Přejížděcí oblast uvnitř intervalu (0; 1) vymezuje oblast částečné příslušnosti prvku do množiny. Funkce příslušnosti nemá nic společného s pravděpodobností. Kdybychom chtěli mluvit o pravděpodobnosti, museli bychom zkoumat četnost výskytu nějakého jevu, který nastal.



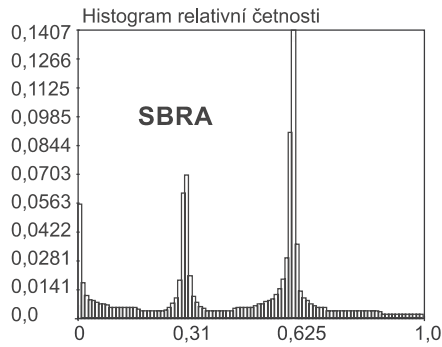
Obr. 1. Fuzzy číslo „asi a_0 “

Běžné úlohy, s nimiž se nejčastěji setkáváme, jsou charakterizovány jak fuzzy, tak i stochastickou neurčitostí. Tuto „kombinovanou“ fuzzy náhodnou neurčitost lze modelovat s užitím fuzzy náhodných proměnných a fuzzy náhodných funkcí [8]. Základní termíny a definice související s fuzzy náhodností (fuzzy randomness) byly zavedeny v pracích [5] a [11]. Fuzzy náhodnost vzniká tehdy, nelze-li uskutečnit pozorování za exaktně definovaných okrajových podmínek [8]. Fuzzy náhodnou veličinu lze chápat jako náhodnou veličinu, která byla měřena za neurčitých podmínek. Pokud je fuzzy náhodná veličina závislá na čase, jde o fuzzy náhodný proces, který je možno modelovat časovými řadami s fuzzy vstupními informacemi.

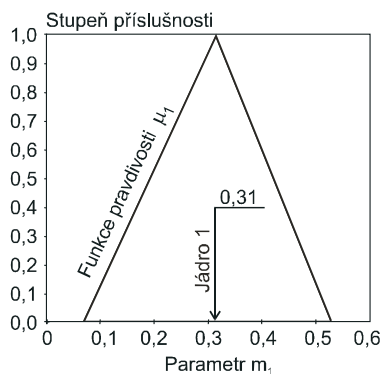
Fuzzy náhodné vstupní veličiny

Typickou fuzzy náhodnou veličinou, kterou nelze měřit za exaktně definovaných okrajových podmínek, je účinek zatížení, který se může co do intenzity a doby trvání velmi lišit. Podklady pro vyhodnocení histogramu zatížení nelze získat, protože skutečné statistické charakteristiky zatížení působící po dobu životnosti nemohou být v období návrhu konstrukce známy.

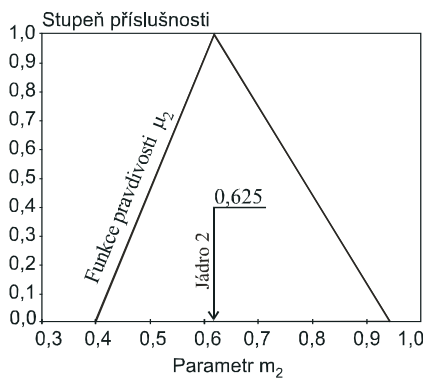
Metoda SBRA používá pro zohlednění účinků dlouhodobého nahodilého zatížení histogram ve tvaru znázorněném na obr. 2. Histogram „reálného“ zatížení dostaneme, pokud histogram vynásobíme extrémní hodnotou zatížení.



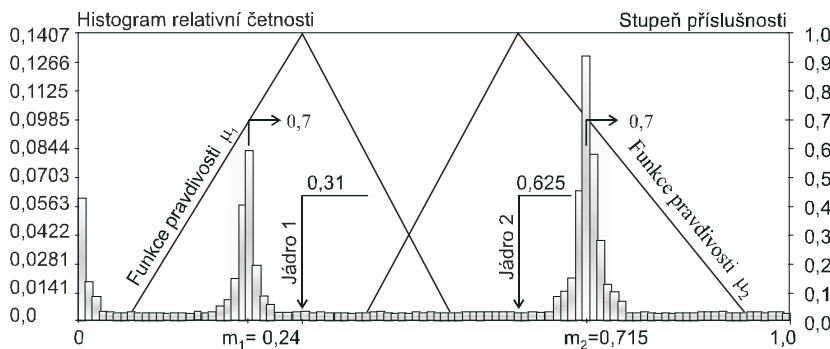
Obr. 2. Histogram „long2“ dlouhodobého nahodilého zatížení metody SBRA



Obr. 3. Fuzzy číslo m_1



Obr. 4. Fuzzy číslo m_2



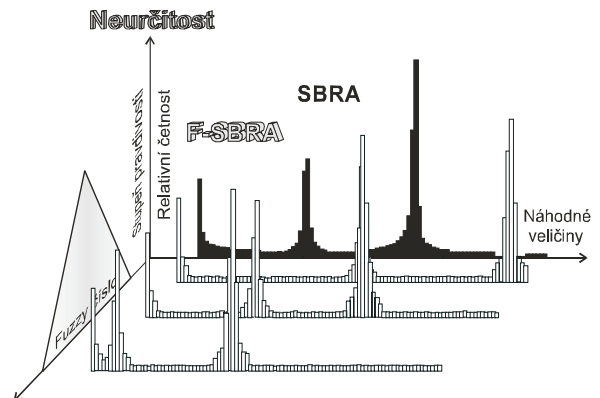
Obr. 5. Fuzzy histogram „long2“ dlouhodobého nahodilého zatížení

Je možno se ptát, proč jsou největší četnosti přiřazeny právě hodnotám 0; 0,31 a 0,625. Existuje výlučně objektivní důvod, proč nejvyšší četnosti nepřiradit např. bodům 0; 0,33; 0,66? Je možno zvolit jiný histogram zatížení a jak se to projeví na výsledné pravděpodobnosti poruchy?

Uvedme názorný příklad, ve kterém vágní (fuzzy) neurčitost zohledníme fuzzy čísla m_1 a m_2 , kterými nahradíme subjektivně zvolené charakteristiky 0,310 a 0,625. Jelikož nemáme bližší informace, je nejlogičtější zvolit pro fuzzy čísla m_1 a m_2 dvě trojúhelníkové funkce příslušnosti (obr. 3, obr. 4). Stupeň příslušnosti prvku do množiny je deklarován hodnotou příslušnosti na svislé ose. Hodnota 1 znamená absolutní jistotu, že prvek do množiny patří, 0 absolutní jistotu, že prvek do množiny nepatří. Hodnoty z intervalu (0;1) znamenají, že prvek patří do množiny částečně.

Pro naše účely byl původní histogram metody SBRA mírně upraven tak, aby bylo možno posouvat parametry vrcholů m_1 a m_2 . Na obrázku 5 je uveden příklad pro hodnoty $m_1 = 0,24$ a $m_2 = 0,715$ se stupněm příslušnosti 0,7.

Problematika je dále názorně ukázána na obr. 6. První a třetí histogram má stupeň příslušnosti 0, tj. náleží okrajům množiny. Histogramu uprostřed, který je neblíže histogramu SBRA, je přiřazen stupněm příslušnosti 1.



Obr. 6. Histogram dlouhodobého nahodilého zatížení pro fuzzy náhodnou analýzu

Další náhodné veličiny budeme považovat za exaktně definované. Vstupní statistické geometrické charakteristiky profilu IPE180 a histogram meze kluzu f_y byly uvažovány podle [7]. U modulu pružnosti E byla podle dvou nezávislých experimentálních výzkumů [1], [12] uvažována střední hodnota 210 GPa a směrodatná odchylka 12,6 GPa. U počáteční amplitudy e_0 jsme předpokládali, že se 95 % zatížení nachází v tolerančních mezích normy [19].

Pro stále zatížení G jsme zavedli Gaussovu funkci pravděpodobnosti se statistickými charakteristikami (tab. 1). Histogram dlouhodobého nahodilého zatížení Q jsme dostali vynásobením histogramu z obr. 2 extrémní hodnotou 140 kN. Vstupní veličiny jsou přehledně uvedeny v tab. 1.

Tab. 1. Vstupní náhodné a fuzzy náhodné veličiny

Symbol	Funkce hustoty	Střední hodnota	Směrodatná odchylka
h	Gauss	180 mm	0,8 mm
b	Gauss	91 mm	0,9 mm
t_1	Gauss	5,3 mm	0,22 mm
t_2	Gauss	8 mm	0,37 mm
f_y	histogram	297,3 MPa	16,8 MPa
E	Gauss	210 GPa	12,6 GPa
e_0	Gauss	0	2,955
G	Gauss	95 kN	9,5 kN
Q	histogram	histogram s fuzzy parametry m_1 a m_2	

Fuzzy analýza pravděpodobnosti poruchy

Pravděpodobnost poruchy P_{f1} je definována jako pravděpodobnost, že účinek zatížení $G + Q$ je větší než únosnost F_d

$$P_{f1} = P(G + Q \geq F_d) \quad (1)$$

Únosnost osově tlaceného oboustranně kloubově uloženého prutu byla určena jako síla F_d , při níž je normálové napětí rovno mezi kluzu f_y v nejméně namáhaném místě průřezu v polovině vzpěry

$$\sigma_x = \frac{F_d}{A} + \frac{F_d \cdot |e_0|}{W_z \cdot (1 - F/F_{cr})} = f_y \Rightarrow F_d \quad (2)$$

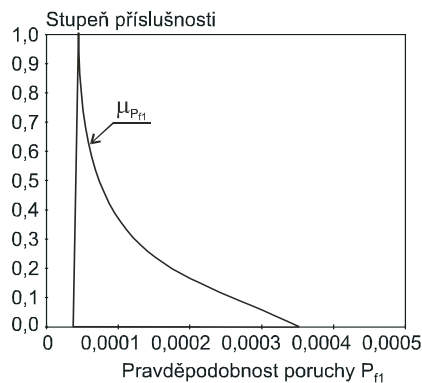
kde A je plocha průřezu, F_d osová tlaková síla prutu, při které je dosaženo meze kluzu (únosnost), W_z průřezový modul a F_{cr} Eulerova kritická síla. Byla uvažována délka prutu $L_{cr} = 1,93$ m, což přibližně odpovídá štíhlosti $\bar{\lambda} = 1,0$ [18]. Počáteční imperfekce byla uvažována jako amplituda e_0 jedné půlvlny funkce sinus ve směru kolmém na stojinu průřezu.

Náhodná únosnost F byla určena podle (1) metodou Monte Carlo. Pro výpočet pravděpodobnosti poruchy bylo použito tolik kroků metody, aby k poruše došlo minimálně stokrát, což zaručuje vyrovnanou chybu odhadu pravděpodobnosti 10 %. Ve všech fuzzy i stochastických výpočtech byly použity výhradně vlastní (nekomerční) programy autora tohoto článku.

Výstupní veličina P_{f1} ve vztahu (1) je fuzzy číslo, protože vstupními charakteristikami jsou fuzzy čísla m_1, m_2 . Index i vyjadřuje číslo varianty subjektivního řešení. V případě, že bychom vágně definovanou úlohu zadali N expertům, byla by výstupem množina N fuzzy čísel $P_{f1}, P_{f2}, \dots, P_{fN}, \dots, P_{fN}$. Rozdíly v řešení by byly tím větší, čím více by se odlišovaly jejich názory na neurčitost vstupních statistických charakteristik. Pokud by byly všechny vstupní statistické charakteristiky exaktně známy, mělo by platit, že $P_{f1} = P_{f2} = \dots = P_{fN} = \dots = P_{fN}$.

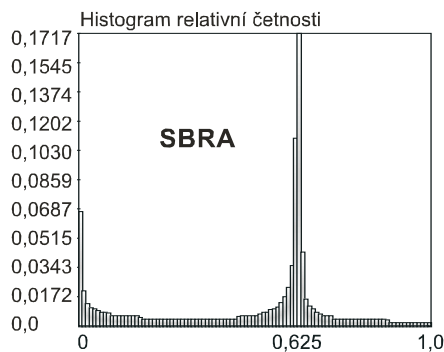
Postup, jakým obdržíme výstupní fuzzy číslo P_{f1} , je možno názorně vysvětlit pro vstupní veličiny popsané ve druhém oddílu. Výstupní fuzzy číslo P_{f1} ve vztahu (1) je závislé na dvou vstupních fuzzy číslech m_1, m_2 histogramu dlouhodobého nahodilého zatížení Q (obr. 5). Funkci příslušnosti $\mu_{P_{f1}}$ pravděpodobnosti poruchy P_{f1} do množiny je pak možno určit z obecného principu rozšíření podle vztahu (3). Vztah (3) byl vyhodnocen s užitím α -řezů [2], [9].

$$\mu_{P_{f1}}(m_1, m_2) = \bigvee_{P_{f1}} (\mu_1(m_1) \wedge \mu_2(m_2)) \quad (3)$$

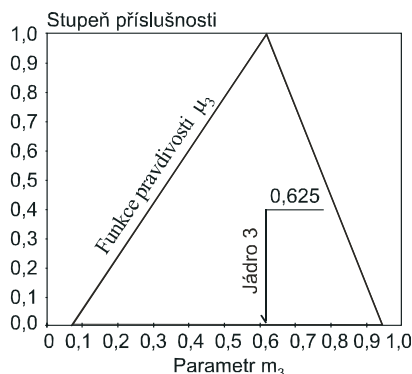


Obr. 7. Fuzzy pravděpodobnost poruchy P_{f1}

Pro názorné vysvětlení vyhodnoňme druhou variantu řešení výpočtu fuzzy čísla P_{f2} pro druhý model vstupních fuzzy náhodných veličin. Jak jsme naznačili již v úvodu, existuje nejistota i ve tvaru histogramu. Zopakujme nyní fuzzy analýzu pravděpodobnosti poruchy pro histogram „long1“ používaný rovněž v metodě SBRA (obr. 8).

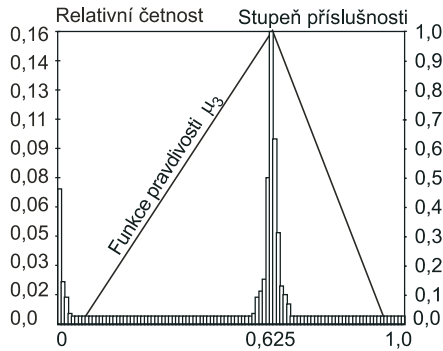


Obr. 8. Histogram „long1“ dlouhodobého nahodilého zatížení metody SBRA

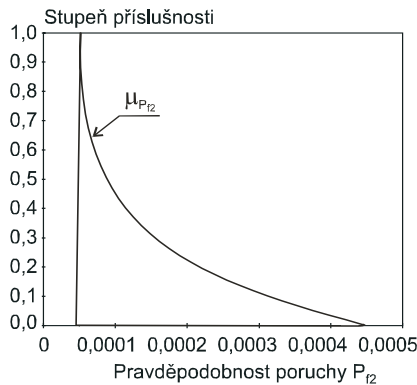


Obr. 9. Fuzzy číslo m_3

Neurčitost pozice maximální četnosti je zohledněna fuzzy číslem m_3 (obr. 9). Histogram byl, obdobně jako v předchozím příkladu, mírně upraven nivelací hodnot mezilehlých četností (obr. 10). Maximální stupeň příslušnosti 1 je přiřazen hodnotě $m_3 = 0,625$ (obr. 9, obr. 10). Ostatní náhodné veličiny 1 až 10 byly uvažovány podle tab. 1. Fuzzy číslo pravděpodobnosti poruchy je uvedeno na obr. 11.



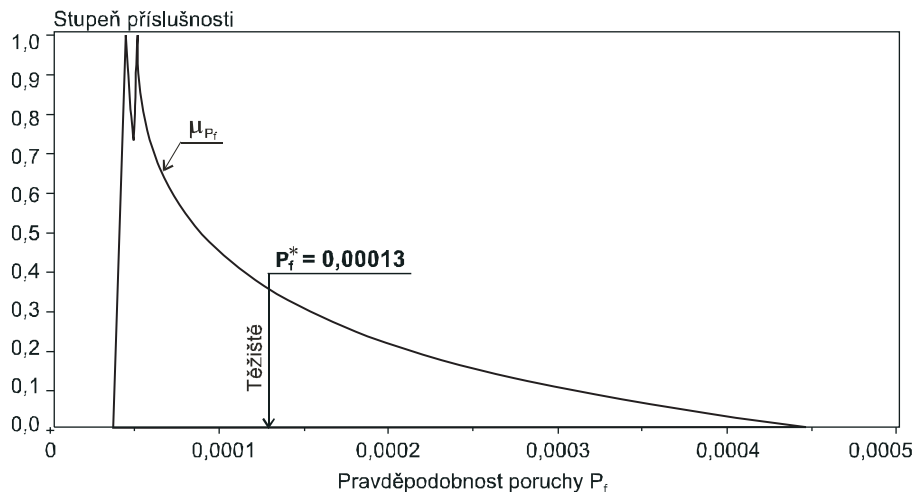
Obr. 10. Fuzzy histogram „long1“ dlouhodobého nahodilého zatížení



Obr. 11. Fuzzy pravděpodobnost poruchy P_{f2}

Koncové výstupní fuzzy číslo P_f dostaneme sjednocením variant výstupních fuzzy množin

$$P_f = P_{f1} \cup P_{f2} \cup \dots \cup P_{fi} \dots \cup P_{fN} \quad (4)$$



Obr. 12. Fuzzy pravděpodobnost poruchy P_f

Pro zvolený příklad fuzzy čísel P_{f1}, P_{f2} je výstupní fuzzy číslo P_f znázorněno na obr. 12. K tomu, abychom získali reprezentativní „ostrou“ hodnotu pravděpodobnosti poruchy, kterou je možno porovnávat s referenční hodnotou, je třeba výstupní fuzzy číslo P_f defuzifikovat. Snad nejčastěji se používá metoda středu plochy (těžiště) [2], [9]. Ostrá hodnota pravděpodobnosti poruchy P_f^* je určena jako souřadnice těžiště

$$P_f^* = \frac{\int_0^{0,000445} P_f \cdot \mu_{P_f} dP_f}{\int_0^{0,000445} \mu_{P_f} dP_f} = 0,00013 \quad (5)$$

Dolní a horní mez určitého integrálu určuje nosič fuzzy čísla pravděpodobnosti poruchy. Jde o interval, ve kterém je definovaná funkce příslušnosti fuzzy čísla (obr. 12). Integrál (5) byl vyhodnocen numericky s použitím kubických spline, jimiž byly aproximovány výstupní hodnoty α -řezů podle (3).

Interval $P_f \in (4,71E-5; 44,5E-5)$ je nosičem fuzzy čísla pravděpodobnosti poruchy. Hodnota funkce příslušnosti μ_{P_f} určuje stupeň příslušnosti (pravdivosti) hodnoty P_f na vodorovné ose do fuzzy množiny. Nejvyšší hodnoty stupňů příslušnosti 1 odpovídají pravděpodobnosti poruchy $4,26E-5$ (pro jádra $m_1 = 0,31$ a $m_2 = 0,625$) a pravděpodobnosti poruchy $4,95E-5$ (pro jádro $m_3 = 0,625$). Nelineární průběh funkce příslušnosti μ_{P_f} pro $P_f \geq 4,95E-5$ odpovídá nelineární závislosti mezi m_3 a P_f . Jak je z průběhu μ_{P_f} na obr. 12 patrné, je stupeň příslušnosti vyšších hodnot pravděpodobnosti poruchy do výstupní fuzzy množiny relativně nízký.

Závěr

Téma článku přispívá k diskusi o adekvátnosti použití pravděpodobnostních metod všude tam, kde nemáme k dispozici dostatek výlučně objektivních informací o proměnlivosti vstupních náhodných veličin a o jejich korelacích z experimentů [4]. Jako příklad byla zvolena metoda SBRA, která je dlouhodobě rozvíjena za účelem zavedení pravděpodobnostního pojetí posudku spolehlivosti do projekční praxe [6].

Použití pravděpodobnostního řešení s sebou přináší nutnost zadávání výlučně objektivních statistických informací. Nemáme-li k dispozici přesné informace, stává se model

zdrojem vágní neurčitosti, která u složitých systémů může významně převládnout nad neurčitostí stochastickou. Pro snížení vágní neurčitosti pravděpodobnostního řešení je možno navrhnout dvě základní řešení:

- připustit a kvantifikovat vágní neurčitost pravděpodobnostního posudku s použitím teorie fuzzy množin (např. F-SBRA);
- zavést závazný normový předpis pro pravděpodobnostní posuzování spolehlivosti konstrukcí.

Pravděpodobnostní metody posudku spolehlivosti, které vycházejí z metody Monte Carlo, jsou ve spojení s nelineárními metodami MKP značně výpočtově náročné. Přesnější pravděpodobnostní posudek by měl zahrnovat stabilitní jevy vzpěr, klopení a boulení, dále vliv vlastního pnutí, tuhostí styčnic, a rovněž posudek svarových a šroubových spojů. Náročnost těchto požadavků predikuje použití nelineárních deskostěnových výpočtových modelů. Vágní neurčitost je možno kvantifikovat fuzzifikací pravděpodobnostního posudku (např. tak, jak bylo ukázáno v tomto článku). Fuzzy analýza vyhodnocená s použitím obecného principu rozšíření však vyžaduje opakované řešení pravděpodobnosti poruchy pro řádově milióny sad kombinací vstupních dat, což nutně vede k aplikacím numerických metod typu „response surface“ [13]. Výstupní fuzzy množina je pak vytvořena sjednocením fuzzy množin vyhodnocených větším počtem nezávislých odborníků. Konečným výstupem je defuzzifikovaná ostrá hodnota P_r . Tento proces je nereálně výpočtově náročný a nelze vyloučit, že by mohl být znehodnocen v důsledku ekonomických či jiných tlaků, kterým může být projektant vystaven.

Druhou možností je zavedení všeobecně závazného normového předpisu, který by vyřešil otázku obecně platných, a tedy také kodifikovatelných statistických údajů. Předpis by měl obsahovat obecně platná pravidla pro zavádění vstupních náhodných veličin a jejich korelací, návrhové pravděpodobnosti poruchy a s tím související referenční funkce a hodnoty, jejichž určení závisí nejen na inženýrském pojetí, nýbrž též na ekonomických hlediscích a různých celospolečenských zájmech. Fuzzy stochastická analýza by mohla velmi přispět k vytváření a kalibraci těchto norem.

Je zřejmé, že snaha o zavádění pravděpodobnostních metod posudku spolehlivosti do projekční praxe s sebou přináší řadu nových problémů. Na jedné straně to je velká přesnost, s jakou je daný problém pomocí matematiky popsán, na druhé straně si však přílišná složitost vynucuje řadu zjednodušení, a matematický popis je tedy nevýstižný. Snaha o stále větší přesnost vede k neúměrnému nárůstu definic a širě pojednání o prakticky jednoduchých věcech [10].

Jde o rozpor mezi precizností a relevantností, na nějž poprvé upozornil prof. Zadeh, když v [17] formuloval tzv. princip inkompatibility: „*S rostoucí složitostí systému klesá naše schopnost formulovat přesné a významné soudy o jeho chování, až je dosaženo hranice, za níž jsou přesnost (preciznost) a relevantnost prakticky vzájemně se vylučujícími charakteristikami.*“.

Pro každou lidskou činnost je relevantní pouze určitá míra přesnosti. Formálně složité výpočtové modely složitých soustav vyžadují informace, které jsou náročné jak způsobem objektivního získávání, tak i nároky na kvalitu. Rozsáhlá a náročná měření jsou v těžkých provozních podmínkách buď zcela nemožná, nebo při zajištění potřebné robustnosti je kvalita jejich informace tak nízká, že nejsou použitelná [10].

V této souvislosti je třeba zamyslet se nad tím, kde se nachází relevantní míra přesnosti u metod pro navrhování sta-

vebních nosných konstrukcí. I když řešení současných norem, založené na metodě parciálních součinitelů spolehlivosti (meznic stavů), není z hlediska prokazování spolehlivosti vždy jednoznačně progresivní, nebude zřejmě ještě po řadu dalších let významněji odsunuto z oblasti praktické aplikace a běžných metod navrhování.

Příspěvek vznikl v rámci řešení úloh projektu KJB201720602 AV ČR a projektu CIDEAS 1M6840770001(1M0579). Při řešení byly částečně využity výsledky dosažené v projektech č. 103/05/2059, 103/05/0417, 103/05/1107 GA ČR.

Literatura

- [1] Fukumoto, Y. – Kajita, N. – Aoki, T.: Evaluation of Column Curves Based on Probabilistic Concept. In: Proc. of Int. Conference on Stability, Prelim. Rep., publ. by Gakujutsu Bunken Fukyu – Kai, Tokyo, 1976, pp. 1–37.
- [2] Jura, P.: Základy fuzzy logiky pro řízení a modelování. Brno, VUTIUM 2003, s. 132.
- [3] Kala, Z.: Stochastická analýza stavební konstrukce, část 1 – Návrhové únosnosti rovinného ocelového rámu. Stavební obzor, 8, 1999, č. 3, s. 65–69.
- [4] Kala, Z.: Fuzzy Sets Theory in Comparison with Stochastic Methods to Analyze Non-linear Behavior of a Steel Member under Compression. Journal Non-linear Analysis: Modeling and Control, Vol. 10, No. 1, 2005, pp. 65–75.
- [5] Kwakernaak, H.: Fuzzy Random Variables-I. Definitions and Theorems. Inf. Sci. (USA), Vol.15:1-29, 1978.
- [6] Marek, P. – Guštar, M. – Anagnos, T.: Simulation-Based Reliability Assessment for Structural Engineering. Boca Raton, CRC Press 1995.
- [7] Melcher, J. – Kala, Z. – Holický, M. – Fajkus, M. – Rozlívka, L.: Design Characteristics of Structural Steels Based on Statistical Analysis of Metallurgical Products. Journal of Constructional Steel Research, 60, 2004, pp. 795–808.
- [8] Möller, B. – Beer, M. – Reuter, U.: Theoretical Basics of Fuzzy Randomness – Application to Time Series with Fuzzy Data. In: CD Proc. of 9th Int. Conf. on Structural Safety and Reliability ICOSSAR'05, Rome (Italy), 2005.
- [9] Novák, V.: Fuzzy množiny a jejich aplikace. Praha, SNTL 1986.
- [10] Pokorný, M.: Umělá inteligence v modelování a řízení. Praha, BEN 1996.
- [11] Puri, M. L. – Ralescu, D.: Fuzzy Random Variables. Journal Math. Anal. Appl., Vol. 114: 1986, pp. 409–422.
- [12] Guedes Soares, C.: Uncertainty Modelling in Plate Buckling. Structural Safety, 1988, No. 5, pp. 17–34.
- [13] Štemberk, P. – Kruijs, J.: Fuzzy-Set-Based Methodology for Assessment of Seismic Response of Structures. In: Proc. of Int. Conf. on Modeling and Simulation 2006 MS2006, Kuala Lumpur (Malaysia).
- [14] Wang, G. – Zang, Y.: The Theory of Fuzzy Stochastic Processes. Fuzzy Sets Syst., Vol. 51, 1992, pp. 161–178.
- [15] Zadeh, L. A.: From Circuit Theory to System Theory. In: Proc. of Institute of Ratio Eng., No. 50, 1962, pp. 856–865.
- [16] Zadeh, L. A.: Fuzzy Sets. Information and Control, 8, 1965, No. 3, pp. 338–353.
- [17] Zadeh, L. A.: Outline of a New Approach to the Analysis of Complex System and Decision Processes. IEEE Trans. Syst. Man. Cybern., 1973, pp. 28–44.
- [18] EN 1993-1-1:2005(E): Eurocode 3: Design of Steel Structures – Part 1-1: General Rules and Rules for Buildings. CEN, 2005.
- [19] ENV 1090-2: 2005(E): Execution of Steel Structures and Aluminium Structures – Part 2: Technical Requirements for the Execution of Steel Structures, Stage 34, B-1050 Brussels.

Kala, Z: Fuzzy Uncertainty of Stochastic Methods

This paper describes the methodology of an analysis of the fuzzy uncertainty of failure probability appearing due to vaguely (in a subjective manner) introduced histograms of input random quantities. It analyzes the failure probability of a steel strut loaded by a permanent and long-time variable actions. The fuzzy analysis of failure probability was evaluated according to the general extension principle, the failure probability being analyzed by applying the Monte Carlo method. The fuzzification process of the input loading histogram and the defuzzification process of a fuzzy number of an output failure probability are described. At the end of the paper, the problem of application of fuzzy probability methods to the assessment of reliability of systems is discussed.

Kala, Z: Fuzzy Unbestimmtheit von stochastischen Methoden

In diesem Artikel wird eine Methodik der Analyse der Fuzzy-Unbestimmtheit der als Folge von vage (subjektiv) eingegebenen Histogrammen von zufälligen Eingabegrößen entstehenden Ausfallwahrscheinlichkeit beschrieben. Es wird die Ausfallwahrscheinlichkeit einer durch ständige und langzeitige zufällige Belastung belasteten Stahlstrebe analysiert. Die fuzzy Analyse der Ausfallwahrscheinlichkeit wurde nach dem allgemeinen Expandierungsprinzip ausgewertet, wobei die Ausfallwahrscheinlichkeit mittels der Monte Carlo-Methode analysiert wurde. Das Fuzzifizierungsprozess des Eingabelastungsdiagramms und der Defuzzifizierungsprozess einer Fuzzy-Zahl der Ausgabe-Ausfallwahrscheinlichkeit werden beschrieben. Im Schlussteil des Artikels wird die Problematik der Benutzung von Fuzzy-Wahrscheinlichkeitsmethoden bei der Beurteilung der Zuverlässigkeit von Systemen diskutiert.

• Fakulta stavební



Nová laboratoř laserového skenování

Technologie pozemního laserového skenování se v praxi uplatňuje stále častěji. Laserové skenovací systémy umožňují mimořádně rychlé, ucelené a bezpečné bezkontaktní určování prostorových souřadnic, trojrozměrné modelování a vizualizaci složitých staveb a konstrukcí, interiérů, podzemních prostor, libovolných terénů apod.

Ve stavebnictví a příbuzných oborech jde zejména o zaměření složitých technologických celků a konstrukcí, určení stavu budov nebo mostů, podjezdů, přehradních hrází a dalších objektů či získání podkladů pro výstavbu, údržbu a rekonstrukci liniových staveb (silnic, dálnic a železničních tratí). V neposlední řadě slouží tyto systémy pro topografické mapování tunelů, kamenolomů, svahů a skalních stěn, mapování v dolech a jeskyních, skládek odpadů apod., dále se uplatňují při zakládání staveb, při zpracování dokumentace interiérů a blízkých exteriérů stavebních objektů a přírodních útvarů. Speciální uplatnění nacházejí v oblasti architektury, dokumentace památek a v archeologii. Byly využity při stavbě tunelu Mrázovka, zaměření skutečného stavu chladičské věže tepelné elektrárny v Chvalčicích, fasády budovy při výstavbě Německé školy v Praze, nepřístupného skalního masivu v obci Dolánky, trojrozměrné geometrie horní části levé věže kostela sv. Mikuláše na Staroměstském náměstí v Praze atd. Podle dostupných informací má u nás laserový skener k dispozici již nejméně pět subjektů.

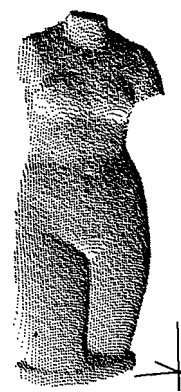
Studenti Fakulty stavební ČVUT dosud neměli možnost se s touto progresivní technologií prakticky seznámit. Díky kapitálové dotaci z Fondu rozvoje vysokých škol a příspěvku mateřské fakulty na vybudování laboratoře laserového skenování č. Aa271/2006 je však opak pravdou. Cílem projektu bylo zlepšit praktickou výuku a experimentální činnost posluchačů na oborech Architektura a stavitelství, Informační systémy ve stavebnictví, Konstrukce a dopravní stavby, Inženýrství životního prostředí, Geodézie a kartografie. Studenti pěti oborů tak budou moci v rámci tří studijních programů pracovat s technikou na špičkové úrovni a dojde ke skloubení teoretických znalostí s praktickými dovednostmi v oblasti, ve které to dosud nebylo možné. Zároveň se fakulta, a tím i ČVUT, stane konkurenceschopnější nejen v evropském prostředí. Technické vybavení bude využívat na čtyři sta studentů za rok v povinných předmětech prezenční for-

my studia a pro hlubší seznámení bude dále dostupné prostřednictvím volitelných předmětů. Zřízení laboratoře je plně v souladu s dlouhodobým záměrem fakulty.

Na základě interního výběrového řízení před podáním projektu byla vybrána nabídka fy Gefos na skenovací systém Leica HDS 3000, tvořený laserovým skenerem, speciálním stativem, řídicím počítačem skeneru, řídicím softwarem pro skenování, specializovaným zpracovatelským softwarem, terčí pro signalizaci vličovacích bodů a potřebnou kabeláží. Hlavními kritérii byly technické parametry, cena a rozsah dodávaného příslušenství. Z prostředků Katedry geodézie a fakulty byla laboratoř doplněna výkonným počítačem, určeným výhradně pro zpracování výsledků měření. Přístrojové vybavení bylo zavedeno do výuky v závěru zimního semestru 2005/2006.



Detail skeneru
Leica HDS 3000



Sken napodobeniny antické sochy
pro účely výuky

V návaznosti bude modernizována náplň laboratorních a praktických cvičení na uvedených oborech. Studenti se seznámí se základními principy měření a možnostmi zpracování a výstupů ve specializovaných aplikacích.

Zřízení laboratoře bylo umožněno udělením dotace projektu Aa271/2006 Fondu rozvoje vysokých škol a příspěvkem Fakulty stavební ČVUT v Praze.

doc. Ing. Jiří Pospíšil, CSc.
Ing. Martin Štroner, Ph. D.

Tepelně technický pohled na jednoplášťové pojižděné střechy

Ing. Petr ZAHRADNÍK
 ČVUT – Fakulta stavební
 Praha

Kromě standardních vlivů na konstrukci, které jsou pro všechny typy střech stejné, se u střech pojižděných vyskytují další vlivy. Ty je nutné popsat a při tvorbě skladby a detailů s nimi počítat. Jde především o silové zatížení, jak statické, tak dynamické, a chemické zatížení od rozlitých paliv a olejů. V článku bude provedena tepelně technická analýza detailu dešťové vpusti.

Typy pojižděných střech

Podle zatížení se rozlišují střechy pochůzná a pojižděné osobními vozidly do 2,5 t, pojižděné těžkými vozidly včetně kolejových a heliporty. Norma [2] je zařazuje do dvou kategorií (tři typy dopravních ploch) podle tab. 1. Pro porovnání je v německé DIN 1072 [3] klasifikováno osm tříd zatížení pojižděných střech.

Tab. 1. Pojižděné střechy podle zatížení [2]

Kategorie	Dopravní plocha	Zatížení	
		plošné q_k [kN/m ²]	lokální Q_k [kN]
I	kat. F – tíha vozidla do 30 kN	2	10
	kat. G – tíha vozidla 30 až 160 kN	5	45
K	např. heliporty – nutno posoudit pro jednotlivé případy, výrazný vliv dynamiky při přistávání		



Obr. 1. Příklad pojižděné střechy (La Part Dieu, Lyon)

Pojižděné střešní pláště

U těchto plášťů je nutné respektovat i normy pro silniční a železniční mostovky, ve kterých jsou uvedeny požadavky na technické řešení a provádění (obr. 1). Speciálním případem provozních střech jsou heliporty. V železobetonové přístávací desce musí být umístěno vystrojení přístávací plochy, tj. navigační prostředky a ostatní zařízení nutná k zabezpečení provozu vrtulníků, což při nevhodném provedení bývá příčinou vzniku výrazných tepelných mostů.

Za výhodu lze považovat rozšíření užité plochy, a tím zvýšení užité i urbanistické hodnoty objektu, a ochranu vodotěsné izolace před vlivy vnějšího prostředí, zejména záření UV. Nevýhodou jsou vyšší investiční náklady, větší nároky na technické řešení, použité materiály a provedení, na stavební konstrukce – zejména statické (zvýšené zatížení konstrukce) a složité opravy.

Požadavky na pojižděné střechy

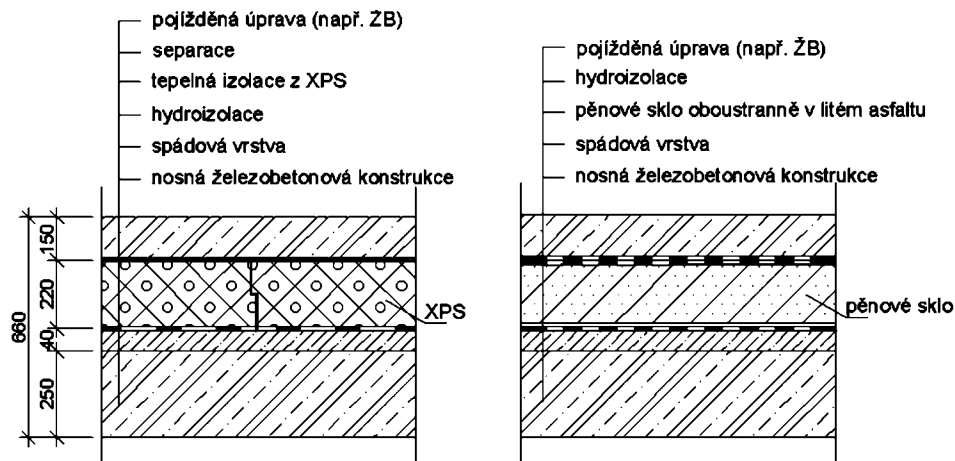
Z charakteru pojižděných střech vyplývá, že kromě „běžných“ vlivů na konstrukci, které jsou stejné pro všechny typy střech, se vyskytují další, které je nutné popsat a při tvorbě její skladby uvažovat. Jde především o silové zatížení konstrukce od provozu a chemické zatížení od rozlitých paliv a olejů.

Nejslabším článkem skladby jsou, vzhledem k jejich malé pevnosti v tlaku, tepelné izolace. Pro tento typ střech je vhodný buď extrudovaný polystyren (XPS), nebo pěnové sklo, s potřebnými tepelně izolačními vlastnostmi a pevností v tlaku (tab. 2). Vzhledem k omezenému výběru pevných tepelných izolací je zřejmé, že podrobná kategorizace střech podle zatížení, jaká je v normě [3], bude zbytečná.

Tab. 2. Pevnost tepelných izolací v tlaku

Druh	Pevnost [MPa]
minerální (při 10% deformaci)	
EPS (při 10% deformaci)	0,10 – 0,20
XPS (při 10% deformaci)	0,25 – 0,50
pěnové sklo	0,70 – 1,20

Za vhodnou skladbu je tedy možné považovat obrácenou střechu, kde je jako tepelný izolant použit XPS, a střechu kompaktní s pěnovým sklem (obr. 2). Pro střechy extrémně zatěžované pojezdem (nákladní doprava, heliporty) je vhodnější pěnové sklo s vyšší pevností v tlaku (tab. 2). Konkrétní tloušťka byla navržena v programu Teplo 2005 při okrajových podmínkách (tab. 3, tab. 4) daných normou. Vzhledem k nižší pevnosti v tlaku XPS je nutná tlustší a více vyztužená pojižděná roznášecí deska, než je tomu u pěnového skla.



Obr. 2. Schéma skladby provozní střechy
a – obrácená střecha, b – kompaktní střecha

Tab. 3. Okrajové podmínky pro návrh ploché střechy [1]

Okrajové podmínky pro výpočty	Hodnota
venkovní teplota θ_e (při posuzování detailů vpustí je zvolena teplota v oblasti potrubí +5 °C)	-15,0 °C
teplota vnitřního vzduchu θ_{ai}	21,0 °C
relativní vlhkost venkovního vzduchu φ_e	84,00 %
relativní vlhkost vnitřního vzduchu φ_i	50,00 %
součinitel přestupu tepla v interiéru h_{si} – výpočet rizika vzniku plísní	4,0 W/m ² K 10,0 W/m ² K
součinitel přestupu tepla v exteriéru h_{se}	25,0 W/m ² K

Tab. 4. Vybrané požadavky pro ploché střechy [1]

Požadavky	Hodnota [W/(m ² .K)]	
součinitel prostupu tepla UN	požadovaná 0,24	doporučená 0,16
min. vnitřní povrchová teplota $\theta_{si,mm}$ (pro dané okrajové podmínky je zaručena na povrchu max. 80% relativní vlhkost, a tím vyloučen vznik plísní)	13,57 °C	

Volba tepelné izolace přímo ovlivňuje rozměry roznášecí desky včetně množství výztuže, a tím i svislých nosných konstrukcí. Vzhledem k výrazným rozdílům u obou tepelných izolantů při větším zatížení je vhodnější pěnové sklo.

Vlastnosti

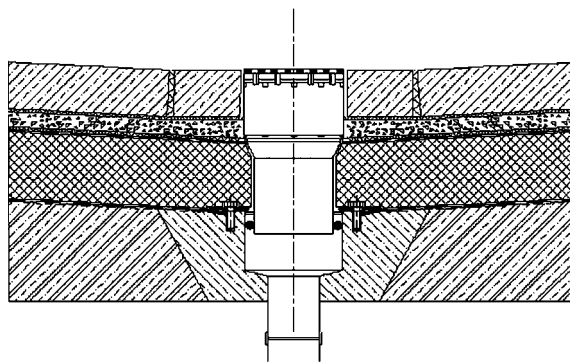
U obrácené střechy (s XPS) leží hydroizolace pod vrstvou tepelné izolace, čímž je chráněna před teplotními šoky a objemovými změnami vlivem kolísání teplot. Má zároveň

funkci parozábrany a je chráněna před zářením UV. Případné netěsnosti se však špatně lokalizují a voda pod tepelnou izolací výrazně zhoršuje tepelné izolační parametry skladby.

Výhodou kompaktní skladby střechy (s pěnovým sklem) je jednoduchost celého souvrství. Všechny vrstvy jsou spojené litém asfaltem, a proto není nutné mechanické kotvení. Parotěsnost skladby pěnového skla a asfaltu vylučuje kondenzaci, systém je velmi odolný. Ceny pěnového skla však zvyšují investiční náklady. Technologie jeho výroby neumožňuje vyrábět desky větších rozměrů a tloušťky, skladba je tedy pracnější. Lepení litém asfaltem je rovněž pracné.

Tepelně technické posouzení

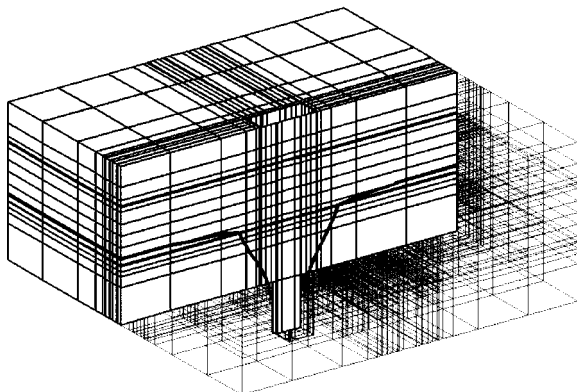
Pro analýzu v trojrozměrném teplotním poli (v programu Cube 3D) byl zvolen detail dešťové vpustí ve střeše s kompaktní skladbou. Tloušťka tepelné izolace (pěnového skla) je 220 mm, součinitel prostupu tepla u_N 0,161 W/m².K. Není provedeno přídatné zateplení, je zde pouze běžná izolace jako součást skladby střechy, chybí zateplení potrubí, vpustí a část potrubí jsou obetonovány (obr. 3, obr. 4). Byla zjištěna nejnižší vnitřní povrchová teplota 8,61 < 13,57 °C, čímž detail nesplňuje požadavek normy.



Obr. 3. Část řešení detailu vpustí

Vlivem nepříznivých klimatických podmínek v zimním období konstrukce výrazně prochladá a vodní pára na vnitřním povrchu kolem vpustí kondenzuje. V takové oblasti lze očekávat vznik plísní. Tvarovka vpustí a navazující potrubí jsou obetonovány bez dilatace, a proto lze předpokládat dro-

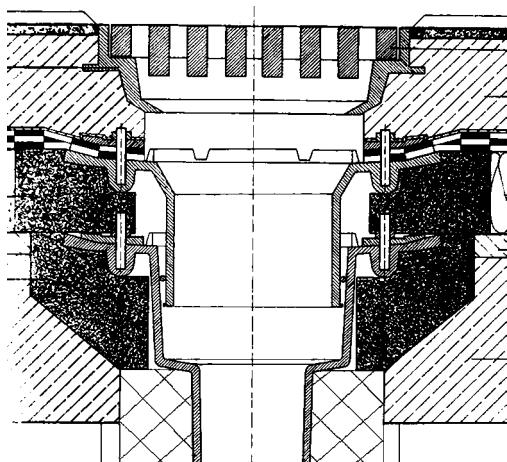
lení betonu v místě styku s potrubím. Detail, přestože se s ním v praxi často setkáváme, není jak z hlediska hygienického, tak energetického, vhodný.



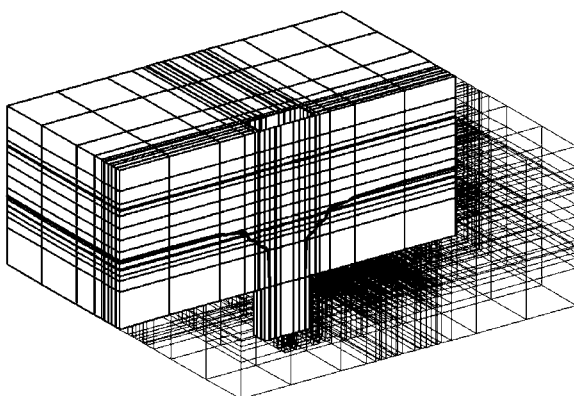
Obr. 4. Izoterma 13,57 °C

Upravené řešení

Tepelný most z původní varianty je přidáním tepelné izolace přerušen (obr. 5, obr. 6). Zároveň musí být provedeno souvislé zateplení, u potrubí min. tloušťky 60 mm.



Obr. 5. Upravené řešení detailu vpusti



Obr. 6. Izoterma 13,57 °C

U zatěžované části vpusti je třeba rošt uložit na betonovou roznášecí desku, spodní díly pak na prstence pěnového skla (přerušení tepelného mostu). Izolace odpadního potrubí slouží i jako akustická ochrana.

Analýzou byla zjištěna nejnižší vnitřní povrchová teplota 16,44 > 13,57 °C, ke kondenzaci ani vzniku plísní nedochází, čímž detail splňuje požadavek normy. Tepelný tok, tedy ztráta detailem, je třikrát menší než u původního detailu.

Závěr

Cílem předchozího textu bylo nastínit potřebu multidisciplinárního přístupu k návrhu provozních střech a popsat jejich vhodnou skladbu. Problematické je obvykle řešení detailů tak, aby byly plně funkční, a přitom byly odstraněny tepelné mosty a kondenzace v nich. Pro porovnání byla provedena tepelně technická analýza dvou variant dešťových vpustí – často prováděný detail a upravená varianta. Provedení obou se liší v řešení tepelného mostu v konstrukci.

Analýza prokázala výrazný rozdíl ve všech zkoumaných parametrech, především pak ve vnitřní povrchové teplotě, na které závisí další možné negativní projevy konstrukce. Je zbytečné zdůrazňovat, že obdobné výsledky a možné problémy mohou nastat i u jiných detailů nejen střešní konstrukce.

Článek vznikl za podpory výzkumného záměru MSM 6840770001 „Spolehlivost, optimalizace a trvanlivost stavebních materiálů a konstrukcí“.

Literatura

- [1] ČSN 73 0540 Tepelná ochrana budov. ČSNI, 2005.
- [2] ČSN 73 0035 (ENV 1991-2-1) Zásady navrhování a zatížení konstrukcí. ČSNI, 1991.
- [3] DIN 1072 Straßen- und Wegbrücken.
- [4] Novotný, M. – Misar, I.: Ploché střechy. Praha, Grada 2003.
- [5] Foamglas, Practical Guide to Flat Roofing. Pittsburgh, Corning Europe 1999.

Zahradník, P.: Thermal and Technical Aspects of Car Park Roofs

Beside the usual effects on the construction, which are identical for all types of roofing, there are some other effects in the case of car park roofs. These effects should be described and considered during the composition and detail designing of such roofs. The effects in question are in the first place the force load, both static and dynamic, and the chemical load by spilled fuel and oil. In addition, thermal and technical analysis of the detail of a gully will be made in this article.

Zahradník, P.: Wärmetechnische Betrachtung einschaliger befahrener Dächer

Neben den üblichen Einflüssen auf die Konstruktion, die für alle Dachtypen identisch sind, treten bei befahrenen Dächern weitere Einflüsse auf. Diese müssen beschrieben werden, und beim Entwurf des Konstruktionsaufbaus und der Details während des Vorschlags muss mit ihnen gerechnet werden. Vor Allem geht es um kräftemäßige Belastungen, sowohl statische, als auch dynamische, und um die chemische Belastung von vergossenen Kraftstoffen und Ölen. Im Artikel wird eine wärmetechnische Analyse des Details eines Straßenablaufs durchgeführt.

Plošné stanovení tlakových poměrů ve vodovodní síti

Ing. Jan KOBŘ

Pražské vodovody a kanalizace, a. s.

Optimální tlakové poměry ve vodovodní síti jsou jedním z předpokladů hospodárného provozování celého vodovodního systému. Dostatečný tlak je důležitý pro zajištění plynulé dodávky vody spotřebiteli, příliš vysoký tlak je naopak příčinou podstatného zvýšení ztrát ve vodovodní síti i v domovních rozvodech, může ovlivnit i počet havárií vodovodních řadů a vodovodních přípojek. Podrobné plošné zmapování tlakových poměrů je proto pro provozovatele i správce vodovodní sítě velmi důležitý materiál, který poskytne přehled kritických míst v celém systému zásobování vodou.

Úvod

Tlakové poměry v zásobních pásmech definuje ČSN 75 5401 Vodárenství – navrhování vodovodních potrubí [1]:

- **minimální** hydrodynamický tlak **0,25 MPa** pro objekty do dvou podlaží 0,15 MPa nad terémem se určuje od minimální hladiny v zásobním vodojemu;
- **maximální** hydrostatický tlak **0,6 MPa**, v odůvodněných případech až 0,7 MPa, se určuje od maximální provozní hladiny v zásobním vodojemu.

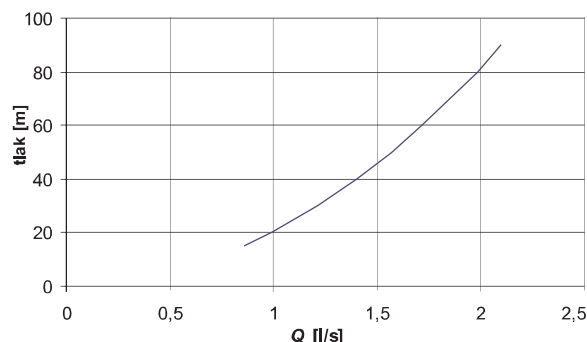
Príspevek se zabývá plošným stanovením tlakových poměrů v pražské vodovodní síti a úseků potrubí, kde hydrostatický tlak přesahuje dovolenou mez.

Vliv tlaku v potrubí na únik vody

Vliv tlaku v potrubí na velikost úniku vody otvorem o ploše 1 cm² (součinitel výtoku je uvažován hodnotou $\mu_v = 0,5$) dokumentuje obr. 1. Vypočítá se podle vztahu [2]

$$Q = \mu_v \cdot S \cdot \sqrt{2g \cdot H}, \quad (1)$$

kde Q je průtok (únik vody) [m³s⁻¹],
 μ_v – součinitel výtoku [–],
 S – plocha otvoru [m²],
 g – gravitační konstanta 9,81 [ms⁻²],
 H – tlak v potrubí [m].



Obr. 1. Závislost úniku vody na tlaku

Při tlaku $H = 70$ m je pak $Q = 1,85$ ls⁻¹, při tlaku $H = 50$ m je $Q = 1,57$ ls⁻¹.

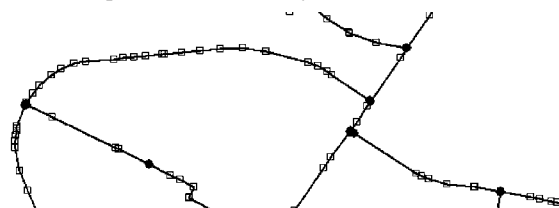
Při poklesu tlaku o 0,2 MPa se tedy v našem případě únik sníží o 1,85 až 1,57 = 0,28 ls⁻¹, tj. o 15,1 %. Za rok to představuje 8 830 m³ vody. Při variabilních nákladech na výrobu a distribuci vody např. 4 Kč/m³ to představuje 35 320 Kč. Tento ilustrativní příklad byl uveden pro jeden únik výše zmíněných parametrů. V případě deseti takovýchto úniků se za rok „ušetří“ cca 350 000 Kč. Tisíc takovýchto úniků představuje 8 830 000 m³ vody. Pro porovnání, v roce 2005 činily vykázané ztráty vody v pražské vodovodní síti cca 31 mil. m³ a bylo odstraněno 3 906 poruch.

Datové podklady

Výpočet hydrostatického tlaku v pražské vodovodní síti byl proveden nad podrobnými daty z GIS v kategorii „voda pitná“ 1 : 1. Pro dopočet nadmořské výšky uzlů sloužil digitální model terénu ATLAS DMT. Vstupní data (výškové bodové pole) byla vybrána z digitálních vrstevnicových map s krokem vrstevnic 5 m (součást GIS). Výška potrubí byla vztahována k terénu, protože téměř vždy se tlakoměry osazují na podzemní hydranty a snímač tlaku je přibližně v úrovni terénu. Tlak v ose potrubí je o hloubku uložení potrubí vyšší (zpravidla o cca 1,3 m) než tlak naměřený v podzemních hydrantech. Vzhledem k přesnosti vstupních dat výškopisu (vrstevnice s krokem 5 m) lze tento rozdíl zanedbat. Dalším podkladem byl tabelární přehled maximálních vstupních hydrostatických tlaků pro jednotlivá zásobní pásma a redukované oblasti.

Metodika výpočtu

Vodovodní síť je schematizována úseky a uzly tvořícími orientovaný graf vodovodní sítě. Každé potrubí začíná a končí v uzlu (počáteční nebo koncový), přičemž každý úzel může být společný pro více potrubí. Jednotlivé úseky mohou obsahovat i vnitřní uzly, které pouze upřesňují trasu jednotlivých úseků potrubí (obr. 2). Ke všem uzlům (koncovým i vnitřním) v pražské vodovodní síti byla z digitálního modelu terénu doplněna nadmořská výška terénu.



Obr. 2. Úsek vodovodní sítě s koncovými a vnitřními uzly
 ● koncové uzly, □ vnitřní uzly

Výpočet tlaku trubního úseku

Výpočet tlaku v jednotlivých uzlech byl proveden jako rozdíl vstupního tlaku v metrech nadmořské výšky a kóty terénu. Pro každý dílčí úsek potrubí (potrubí mezi sousední-

mi uzly, i vnitřními) byl stanoven průměr tlaku v obou přilehlých uzlech. Tlak pro potrubí (od počátečního do koncového uzlu) byl vypočten jako vážený průměr tlaku dílčích úseků vzhledem k jejich délce podle vzorce

$$H = \frac{\sum h_i \cdot l_i}{\sum l_i}, \quad (2)$$

kde H je výsledný tlak v potrubí [m],

h_i – tlak v dílčím úseku i potrubí [m],

l_i – délka dílčího úseku i potrubí [m].

Takto získaný výsledek je daleko objektivnější než pouhý aritmetický průměr tlaku v počátečním a koncovém bodu, protože zahrnuje průběh terénu po celé délce potrubí.

Výpočet délky potrubí s tlakem větším než 0,6 MPa

Při výpočtu délky sítě s tlakem větším než doporučená mez 0,6 MPa se kontrolují všechny dílčí úseky jednotlivých potrubí, resp. všech uzlů. V případě, že je v některém uzlu stanovená mez překročena, vypočítá se „patříčná“ část přilehlého dílčího úseku, která zadanou podmínku splňuje (např. > 0,6 MPa). Součet všech „patříčných“ částí¹⁾ pro dané potrubí tvoří délku potrubí vyhovující podmínce (např. délka potrubí s tlakem > 0,6 MPa).

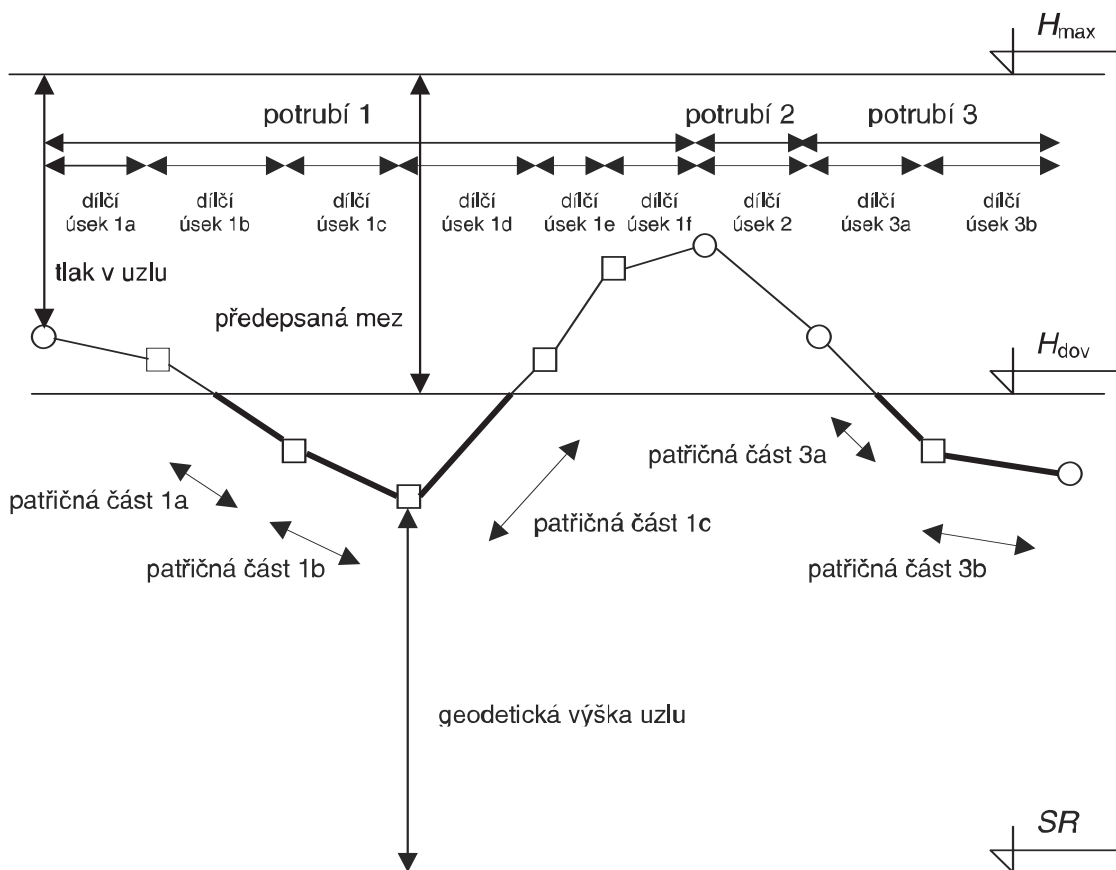
¹⁾ Délka „patříčné“ části se počítá ze souřadnic XYZ. Výsledkem je skutečná délka potrubí v třírozměrném prostoru. V GIS je délka všech řadů počítána z XY. Rozdíl mezi délkou sítě počítanou z XY a XYZ je zpravidla do 0,01 % celkové délky pásma.

Pražská vodovodní síť

Distribuce vody na území Prahy je pro složitou konfiguraci terénu značně obtížná, neboť je třeba zásobit území nadmořské výšky 180 až 440 m. Zajišťuje ji velký počet tlakových pásem zásobovaných z jednotlivých vodojemů a čerpacích stanic jak gravitačně, tak přímým čerpáním do sítě. Poměrně složitý systém zásobních tlakových pásem vznikl historickým vývojem pražského vodovodu a postupným propojováním jeho jednotlivých částí. V minulosti bylo pro zásobní pásma charakteristické poměrně volné pojetí hranic, které se podle potřeb provozu měnily. To umožňovalo provozovateli zajišťovat pružně dodávku vody v období, kdy byl vodovod na hranici své kapacity. V roce 1994 byla v rámci snižování ztrát vody rozdělena vodovodní síť na jasně definovaná zásobní pásma, která se stala základními jednotkami pro sledování a vyhodnocování ztrát vody. V některých zásobních pásmech byly vytvořeny další distrikty s redukcí tlaku (tzv. redukované oblasti).

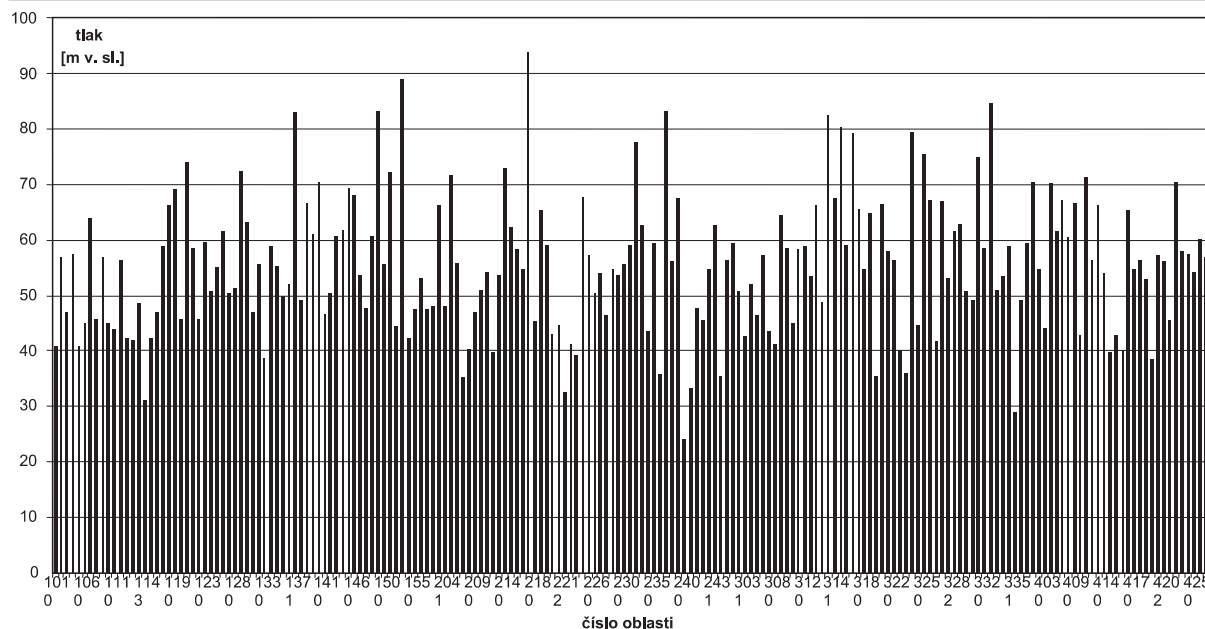
V současné době je pražská vodovodní síť rozdělena do 195 oblastí (zásobní pásma a redukované oblasti), zahrnutých v GIS k datu zpracování tohoto materiálu. Terminologie není dodnes zcela vyřešena a používají se termíny:

- *zásobní pásmo*, tj. samostatně vyhodnocovaná oblast sítě. Provádí se zde bilance nátoků vody a fakturace. Může obsahovat redukované oblasti, tedy část sítě zásobované přes redukční ventil. Podle typu zdroje vody může být zásobní pásmo gravitační, čerpané nebo redukované;
- *redukovaná oblast*, tj. část sítě zásobovaná přes redukční ventil (i více redukčních ventilů na vtok do redukované oblasti). Může obsahovat další redukovanou oblast. Nátok do redukované oblasti bývá zpravidla měřený, ale neprovádí se porovnání s fakturací;



Obr. 3. Schéma k výpočtu délky sítě vyhovující podmínce

Celková délka vodovodní sítě [m]	3 279 969
● délka sítě pitné vody ve vyhodnocovaných oblastech [m]	2 946 488
z toho: s tlakem nad 0,6 MPa [m], tj. 48,6 %,	1 430 871
s tlakem nad 0,7 MPa [m] , tj. 26,9 %,.....	793 149
● průměrný hydrostatický tlak ve vyhodnocovaných oblastech [MPa]	0,60
● počet vyhodnocovaných oblastí	195
z toho: s tlakem nad 0,6 MPa	161
● počet oblastí s průměrným tlakem nad 0,6 MPa	60
● počet oblastí s tlakem v celé oblasti nad 0,6 MPa.....	11



Obr. 4. Průměrný hydrostatický tlak v jednotlivých oblastech (zásobní pásma, redukované oblasti)

– tlakové pásmo je pojem podle standardů [3] v souladu s normou [4]. Rozděluje pražskou vodovodní síť do osmi částí bez ohledu na výškové umístění vodojemů či čerpacích stanic od minimální po maximální kótu terénu. Toto členění je pro provozovatele prakticky nepoužitelné.

Výsledky jednotlivých oblastí, obsahující vypočtený průměrný hydrostatický tlak, délku sítě s tlakem nad zvolenou mez (0,6 MPa nebo 0,7 MPa) a procento délky sítě zásobované s tlakem nad zvolenou mezí, uvádí tab. 1.

Tab. 1. Ukázka výsledků výpočtu délky sítě s tlakem nad 0,6 MPa a pro jednotlivé oblasti

Oblast	Zásobní pásmo, redukovaná oblast	Délka podle GIS [m]	Průměrný tlak [m v. sl.]	Síť s tlakem			
				nad 0,6 MPa		nad 0,7 MPa	
				délka [m]	z toho [%]	délka [m]	z toho [%]
1010	c101 GR KOZINEC přes RV V Záhorském	6 474,26	40,89	0,00	0,00	0,00	0,00
1020	c102 GR KOZINEC přes RV Národních Hrdinů	9 946,35	56,90	2 402,02	24,15	0,00	0,00
1030	n103 AT ROHOŽNÍK	3 258,06	46,74	0,00	0,00	0,00	0,00
1040	n104 ČS LEHOVEC	2 588,33	57,37	367,33	14,19	0,00	0,00
1050	n105 GR KOZINEC pro Koloděje	9 596,60	40,80	526,96	5,49	0,00	0,00
1060	n106 GR LÁDVÍ III Ďáblice Jih	11 405,76	45,04	1 992,68	17,47	0,00	0,00
1070	n107 GR TROJA	9 322,50	64,07	6 746,24	72,37	5 578,64	59,84



Obr. 5. Přehled maximálního hydrostatického tlaku ve vodovodní síti

Grafické zpracování

Přehled maximálního hydrostatického tlaku ve vodovodní síti je zakreslen v tematické mapě vodovodní sítě na obr. 5.

Závěr

Hodnoty maximálního hydrostatického tlaku v jednotlivých oblastech pražské vodovodní sítě, stanovené popsanou metodikou, udávají průměrný maximální hydrostatický tlak v síti 0,6 MPa a překročení maximální doporučené hodnoty 0,6 MPa u 48,6 % délky zásobní vodovodní sítě. Pro optimální provozování celého vodárenského systému, především z hlediska snižování úniku vody ve vodovodní síti, to jsou nepříznivé předpoklady. Je třeba zintenzívnit optimalizaci tlakových poměrů ve vodovodní síti včetně souvisejících rekonstrukcí a úprav. Zpracovaný materiál byl předán vlastníkově vodoхозяйodářské infrastruktury a bude využit především jako podklad pro plánování rekonstrukce vodovodní sítě, optimalizaci tlakových poměrů, výstavbu redukčních šachet, zároveň slouží jako doplňující kritérium při hodnocení ztrát vody v jednotlivých oblastech vodovodní sítě.

Literatura

- [1] ČSN 75 5401 Vodárenství – navrhování vodovodních potrubí. ČSN, 1997.
- [2] Havlík, V. – Marešová, I.: Hydraulika I – příklady. ČVUT, 1994, s. 146–178.
- [3] Městské standardy vodárenských a kanalizačních zařízení na území hl. m. Prahy. Vodárenská část – základní názvosloví. Hydroprojekt, Praha, 2001.
- [4] ČSN 75 0150 Názvosloví vodárenství. ČSN, 1994.

Kobr, J.: Global Determination of Pressure Conditions in the Water Piping

Optimal pressure conditions in the water piping are a prerequisite of economical operation of the entire water supply system. Sufficient pressure in the water piping is of major importance for securing smooth water supply to the customer. On the contrary, exceedingly high pressure induces a substantial growth of losses in the water piping and home water distribution. It can cause an increase in the number of failures of water pipes and service pipes. Therefore, a detailed global mapping of pressure conditions in the water piping has become a very important material both for the operator and the water piping administration. It provides a complex overview of critical spots in the water supply system.

Kobr, J.: Flächenbezogene Bestimmung der Druckverhältnisse im Wasserleitungsnetz

Optimale Druckverhältnisse im Wasserleitungsnetz sind eine der Voraussetzungen für einen wirtschaftlichen Betrieb des ganzen Wasserleitungssystems. Ein ausreichender Druck im Leitungsnetz hat grundlegende Bedeutung für die Gewährleistung einer kontinuierlichen Versorgung des Verbrauchers und ein zu hoher Druck ruft dagegen eine wesentliche Erhöhung der Druckverluste im Wasserleitungsnetz hervor und kann auch die Ursache einer erhöhten Anzahl von Havarien von Wasserleitungssträngen und Anschlussleitungen sein. Die ausführliche flächenbezogene Kartierung der Druckverhältnisse im Wasserleitungsnetz ist daher für den Betreiber und Verwalter einer Wasserleitung ein sehr wichtiges Material, das eine komplexe Übersicht der kritischen Stellen im Wasserversorgungssystem gewährt.

Budování mikrosítě pro výstavbu mostu metodou GPS

Ing. Martin CUŘÍN
 ČVUT – Fakulta stavební
 Praha

V geodetické praxi je často nutné vybudovat vytyčovací síť pro technologicky náročná díla, např. plánované přemostění Vltavy dálničním obchvatem na sever od Prahy. Pro přesnost geodetických základů v okolí stavby je nutné zaručit kvalitu jejího polohového a výškového určení.

Úvod

Budování přesných vytyčovacích sítí je živým tématem jak v praxi, tak v oblasti výzkumu. S nástupem moderních geodetických technik se nabízí nový způsob jejich efektivního zaměření. V našem případě jde o vybudování mikrosítě [1] pro stavbu mostu, překlenujícího hluboké říční údolí, terestrickými metodami a metodou GPS. Jde tedy o netypický, ale v praxi se vyskytující případ – měření přes široké říční koryto vysoko nad vodní hladinou. To znamená nesnadnost, resp. nemožnost využití klasických metod, např. přesné nivelace. Ke kvalitnímu výškovému provázání bodů na obou březích je nutné, z důvodu nedefinovatelné refrakce, použít časově a výpočetně náročné simultánní měření zenitových úhlů. Metoda GPS by mohla, díky své rychlosti a většinou automatizovanému zpracování, zastoupit časově náročný a nákladný postup terestrického definování mikrosítě. Již předem lze tvrdit, že bude časově i technicky méně náročná. Je ale možné, aby nahradila metodu terestrického zaměření sítě na subcentimetrové úrovni? U polohového řešení to předpokládat lze, reálné měření by pak mělo prokázat, zda to lze říci i u výškové složky prostorového určení sítě.

Vybudovanou mikrosít bude možné při schválení trasy silničního okruhu přes Suchdol a Bohnice využít při stavbě mostu jako body primární sítě nebo jako orientační body.

Návrh přemostění Vltavy

Most přes Vltavu je součástí navrhovaného silničního okruhu kolem Prahy v úseku Ruzyně – Březiněves a součástí stavby č. 519 Suchdol – Březiněves. Na katastrálním území Suchdol a Bohnice převádí nově budovaný silniční okruh kolem Prahy přes řeku Vltavu, železniční trať ČD Praha – Rožtoky a místní komunikace na levém a pravém břehu.

Základní koncepce byla navržena ve vítězném návrhu kolektivu autorů pod vedením prof. Ing. Jiřího Studničky, DrSc., v architektonicko-konstrukční soutěži z roku 1999. Trám mostovky ve tvaru Vierendeelova nosníku je podpírán pouze převýšeným obloukem bez dalších stоек. Krajiní pole trámu o velkém rozpětí překonávají strmá úbočí Vltavy. Z hlediska silničního provozu je most dvoupatrový, jeden jízdní pás je na horní mostovce a druhý na dolní mostovce o 10 m níže. Šířka vozovky 16 m v obou úrovních je po celé délce mostu konstantní. Z konstrukčního hlediska je most třípatrový, v nejnižším patře je na lávce vedena stezka pro

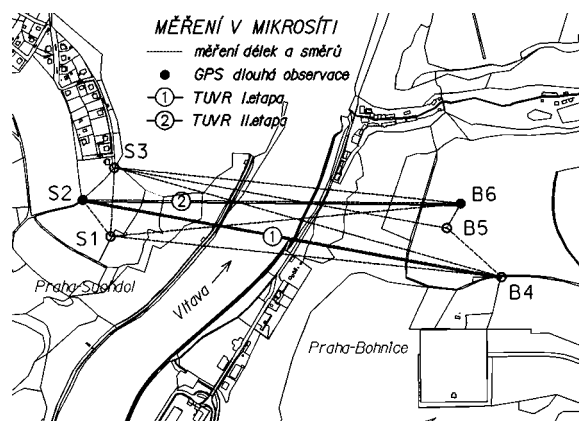
chodce a cyklisty. Most celkové délky 470 m překonává ve velké výšce chráněné přírodní památky na obou březích vltavského údolí. Niveletu má uprostřed cca 79 m nad hladinou řeky.

Realizace projektu

V červenci 2003 byla vybudována modelová vytyčovací síť v lokalitě Suchdol – Bohnice. Pro praxi a další studijní účely byla navržena a realizována po konzultaci s odborníky Katedry ocelových konstrukcí Fakulty stavební ČVUT, kteří se podíleli na projektování přemostění silničního okruhu přes Vltavu v dané lokalitě. Pro dosažení vysoké přesnosti určení souřadnic byla zvolena statická metoda GPS na dvou bodech sítě S2 a B6 v kombinaci s rychlou statickou metodou (observace delší než 45 minut) na ostatních bodech mikrosítě a připojovacích bodech sítě DOPDOPL [2].

Klasické terestrické metody zastupují nivelace a trigonometrické určení výškových rozdílů (TUVR) [3]. Geometrická nivelace je jistě vhodnou metodou určení výškových rozdílů v síti, pro překonání hlubokého údolí se širokým korytem řeky ji však nelze použít. Nivelaci tedy lze ověřit výškové rozdílů mezi jednotlivými body na každém břehu. V dalším textu je ustálen pro soubor tří bodů na každém břehu termín „triáda“. Pro klasickou metodu určení výškových rozdílů mezi triádami byla použita metoda TUVR.

Body sítě jsou označeny písmenem, rozlišujícím levý břeh (na katastrálním území Suchdol S1-S3) a pravý břeh (na katastrálním území Bohnice B4-B6), a číslem. Na každém břehu se nacházejí tři stabilizované body (obr. 1). Jejich poloha byla navržena po rekognoscaci terénu tak, aby byla zajištěna jejich vzájemná viditelnost, nebyly poškozeny zemědělskou činností, a zároveň je bylo možné využít při stavbě. Body S1, S2 a B6 byly stabilizovány opracovanými žulovými mezníky 80 x 16 x 16 cm. Bod S3 je stabilizován nastřelovacím hřebem v asfaltové komunikaci. Bod B4 je stávající zhušňovací bod 914242650 stabilizovaný žulovým hranolem, bod B5 je stabilizován zabetonovanou ocelovou trubkou délky 80 cm s hřebem.



Obr. 1. Vytyčovací síť

Měření GPS

Po pečlivém stanovení observačního plánu byla síť zaměřena metodou GPS. Pro určení souřadnic bodů byly použity tři dvoufrekvenční aparatury Trimble 4000 a jedna Trimble 5700. Vektory v síti šesti bodů se měřily rychlou statickou metodou [4] s elevační maskou 15° a intervalem záznamu 5 s. Délka observace pro výpočet jednotlivých vektorů byla v rozmezí 45 minut až 5 hodin 20 minut. Na dvou bodech sítě S2 a B6, umístěných na různých březích Vltavy (obr. 1), „pracovaly“ aparatury po celou dobu měření, tedy přes pět hodin, především k zajištění kvality převýšení. Pro lepší vyrovnání sítě, zvýšení její tuhosti a nalezení případných odlehklých měření bylo využito sedm nadbytečných měření.

Při zpracování zjištěných hodnot se však projevil nedostatek vzniklé volbou nevhodných míst pro stabilizaci bodů mikrosítě. Body S3 a B4 byly částečně zakryty listnatými, resp. jehličnatými stromy, ve vzdálenosti cca 4 m, body B5 a B6 byly stabilizovány cca 3 m od příhradových stožárů velmi vysokého napětí. Měření na všech bodech tedy byla pro odstranění vlivu výše uvedených zakrytí provedena s dostatečně dlouhou dobou observace. Síť byla připojena do státního systému ETRS89 [5] dvacetiminutovou observací na TB 914240180 a třicetiminutovou na TB 914190200, které jsou součástí sítě DOPDOPL, tj. sítě bodů o známých souřadnicích v obou národních systémech.

Měření terestrická

K současnému oboustrannému měření zenitových úhlů mezi body S2 a B4 byly využity vteřinové teodolity Zeiss Theo 010A a 010B z excentrického stanoviska na centricky postavený speciální válcový signál v osmi laboratorních jednotkách v půlhodinových intervalech. Laboratorní jednotka je charakterizována dvanácti měřeními na symetrická rozhraní válce. Směry a šikmé délky z každého bodu na všech viditelné body sítě byly změřeny v jedné skupině elektronickým tachymetrem Geodimeter 620 s charakteristikou přesnosti měření směrů $0,5$ mgon a délek $2\text{mm} + 2\text{ppm}$. Fyzikální redukce délky (vliv teploty a atmosférického tlaku) byly zavedeny do přístroje před měřením délek. Na bodech se měřila výška horizontu dálkoměru a hranolu nad centrem. Geometrická nivelace triád na každém břehu byla uskutečněna přístrojem Zeiss Ni 500.

Oboustranné měření na pravém a levém břehu Vltavy na bodech S2 a B6 (bodech s nejdelší observací metodou GPS) bylo provedeno ve čtyřech laboratorních jednotkách ve dvou úsecích s časovým rozdílem dvou hodin stejným vybavením jako v první etapě. Na všech bodech na každém břehu byly jednostranně změřeny i zenitové úhly na body protějšího břehu.

Zpracování výsledků získaných metodou GPS spočívalo ve výpočtu pravoúhlých prostorových souřadnic bodů sítě

v systému ETRS-89 z naměřených dat a efemeridových družicových souborů software TRIMBLE Geomatics. Na zákrytových bodech musela být provedena redukce ve výpočtech – z bodu B5 na S2 a B6 byly pro výpočet vektorů použity pouze dva nezávislé vektory s observační dobou 25 minut z počátku a konce z původní 2,5hodinové observace. Obdobné problémy byly na „zákrytových“ bodech S3 a B4, jejichž souřadnice mají horší charakteristiku přesnosti než ostatní body mikrosítě.

K transformaci souřadnic ze systému ETRS-89 do státního souřadnicového systému S-JTSK [6] a výškového systému Bpv byl využit transformační program WJProtra. Do výpočtu transformačního klíče bylo zahrnuto sedm trigonometrických bodů. Na základě ověření identit nebyl žádný z bodů vyloučen. Dosaženou přesnost transformačního klíče mezi ETRS-89 a S-JTSK lze charakterizovat středními chybami $m_x = 0,025$ m, $m_y = 0,014$ m a $m_H = 0,009$ m. Souřadnice bodů byly určeny dvakrát nezávislým vyrovnáním volné sítě všech měřených vektorů s připojením na jeden ze dvou výše uvedených bodů, tím nebyl tvar vnitřní sítě ovlivněn a deformován. Výsledné souřadnice byly pak určeny jako prostý průměr obou vyrovnání (tab. 1).

Zpracováním terestricky změřených délek, redukovaných na spojnici stabilizačních znaků, a úhlů metodou vyrovnání volné sítě [7] byl definován rovinný rozměr sítě. Kvalitu této sítě lze posoudit posteriorními hodnotami směrodatné odchylky vyrovnané délky 2 mm a úhlu $0,63$ mgon.

Pro porovnání výsledků získaných oběma postupy byla volná síť umístěna do sítě určené metodou GPS Helmertovou transformací bez změny měřítka, kde identickými body bylo všech šest bodů. Průměrná odchylka v souřadnicích činí $3,2$ mm. Podobně lze porovnat délku spojnic bodů z měření GPS a z měření dálkoměrem, kdy průměrná odchylka dosahuje 4 mm. Po vyloučení dvou bodů, na kterých mohlo dojít k devalvací dat z důvodu možných zakrytí a přerušení signálů z družic, bylo dosaženo ještě lepších výsledků a lze usuzovat na kvalitní shodu obou metod, alespoň co se týká horizontální složky (polohy).

U výškové složky byla porovnána převýšení mezi body získanými nivelací a metodou GPS. Výškový uzávěr nivelovaných bodů v obou triádách dosáhl 1 mm. Body sítě, na kterých nebyly zákryty, dosáhly difference maximálně 1 mm. U „problematičtějších“ převýšení na zákrytových bodech však dosahují odchylky až několika centimetrů. Volba polohy bodů vzhledem k okolnímu terénu tedy výrazně ovlivňuje výsledky měření metodou GPS. Výška bodů S3 a B4 byla „přeúčena“ připočtením převýšení získaných nivelací ze sousedních bodů mikrosítě.

Pro posouzení přesnosti určení převýšení mezi břehy metodou GPS bylo provedeno simultánní měření excentrických zenitových úhlů. Zjištěné hodnoty byly centrovány a redukovány na spojnici stabilizačních značek ve vlastním

Tab. 1. Elipsoidické souřadnice a výšky v ETRS-89, souřadnice v S-JTSK a výšky v Bpv

Bod	B			L			H_{el}	Y	X	H_{Bpv}
S1	50	8	25,0833	14	23	31,7941	308,7130	744 068,3110	1 036 907,4790	263,8310
S2	50	8	27,4562	14	23	28,0617	310,2520	744 131,7020	1 036 824,7250	265,3690
S3	50	8	30,1236	14	23	31,1577	302,8890	744 059,5400	1 036 751,4950	258,0090
B4	50	8	26,0500	14	24	16,8736	307,6720	743 177,5450	1 037 000,1850	262,8060
B5	50	8	29,0784	14	24	9,9057	300,5150	743 301,8220	1 036 888,6070	255,6480
B6	50	8	30,9992	14	24	11,0811	298,5430	743 270,5980	1 036 833,0060	253,6770

Tab. 2. Převýšení mezi body S2 a B4 – I. etapa

Čas	z^{SH}	z^{BH}	z^{SD}	z^{BD}	z^S	z^B	ρ^{cc}	k_A	δh [m]
10:00	100,17456	99,83274	100,17537	99,83329	100,1750	99,83302	8	0,18	2,6059
10:30	100,1750	99,83314	100,17587	99,83359	100,17542	99,83337	4	0,09	2,6066
11:00	100,17526	99,83294	100,17547	99,83339	100,17537	99,83317	6	0,12	2,6078
11:30	100,17406	99,83304	100,17547	99,83339	100,17477	99,83322	8	0,18	2,6028
12:00	100,17476	99,83294	100,17557	99,83319	100,17517	99,83307	7	0,15	2,6070
12:30	100,17416	99,83264	100,17557	99,83289	100,17487	99,83277	10	0,21	2,6070
13:00	100,17386	99,83304	100,17507	99,83309	100,17447	99,83307	11	0,22	2,6017
13:30	100,17436	99,83284	100,17507	99,83329	100,17472	99,83307	9	0,20	2,6036
$\bar{\delta h}$	2,6053								
$\sigma_{\delta h}$	0,0021								

Tab. 3. Převýšení mezi body S2 a B6 – II. etapa

Čas	z^{SH}	z^{BH}	z^{SD}	z^{BD}	z^S	z^B	ρ^{cc}	k_A	δh [m]
11:50	100,86660	99,13876	100,86847	99,14101	100,86754	99,13989	6	0,14	11,6871
12:04	100,86649	99,13940	100,86944	99,14071	100,86797	99,14006	3	0,07	11,6889
14:17	100,86590	99,13842	100,86892	99,14091	100,86741	99,13967	8	0,18	11,6878
14:27	100,86643	99,13905	100,86919	99,1410	100,86781	99,14003	4	0,09	11,6880
$\bar{\delta h}$	11,688								
$\sigma_{\delta h}$	0,0006								

tabulkovém makru Zenitky.xls v aplikaci Excel podle obecně platných vzorců [3]. Zenitové úhly byly určeny iteracním postupem ve dvou krocích, kdy rozdíl mezi dvěma aproximacemi klesl pod 0,01 mgon. Na bodu S2 bylo dosaženo vnitřní přesnosti měřených zenitových úhlů v osmi laboratorních jednotkách 3,7^{cc}, na protilehlém bodu B4 3,4^{cc}. Výsledné trigonometrické převýšení mezi body S2 a B4, určené jako průměr z vypočtených, činí $\delta h_{2ATUVR} = 2,6053$ m; směrodatná odchylka převýšení odhadnutá z oprav k průměru $\sigma_{\delta h} = 2,1$ mm (tab. 2). Rozdíl mezi převýšením určeným TUVR a GPS činí 13 mm.

Centrace a redukce zenitových úhlů byla ve druhé etapě provedena stejným software jako v etapě předešlé. Na bodu S2 bylo dosaženo vnitřní přesnosti zenitových úhlů ve čtyřech laboratorních jednotkách 2,0^{cc}, na protilehlém bodu B6 2,0^{cc}. Převýšení bylo určeno průměrem čtyř měření se směrodatnou odchylkou $\sigma_{\delta h} = 0,6$ mm (tab. 3). Výškový rozdíl bodů S2 a B6, určený GPS ($\delta h_{2GPS} = 11,692$ m), a trigonometricky ($\delta h_{2ATUVR} = 11,688$ m) dosáhl 4 mm.

Závěr

Z experimentálních měření v mikrosíti vyplývá, že po pečlivé rozvaze, především vzhledem k možnosti zákrytů, a po stanovení vhodného observačního plánu lze metodou GPS vybudovat kvalitní vytyčovací síť. Určitá omezení stále platí u výškové složky. Metoda je bezkonkurenčně efektivní zejména v lokalitách, kde není možnost snadného připojení klasickými metodami ke státnímu systému JTSK. Pro stanovení kvalitních výškových relací v síti má stále uplatnění klasické měření excentrických zenitových úhlů. TUVR je

metoda technologicky, časově i koordinačně náročná, ale v lokalitách s obtížným či nemožným určením převýšení bodů přesnou nivelací je určitě vhodnou ověřovací metodou. Vybudovaná mikrosít může dobře sloužit komerční sféře jako některý z bodů primární sítě při výstavbě mostu.

Na síti lze ověřovat jednotlivé metody a postupy a studovat dané problémy. Refrakční jevy jsou v případě, kdy paprsek prochází nehomogenními vrstvami atmosféry nad vodní hladinou, zvláště složité a zajímavé. Pro trigonometrická měření je důležité se soustředit na problematiku refrakce [9], [10].

Při zamýšlené třetí etapě měření v síti, a zejména výškovém připojení bodů na obou březích přesnou nivelací na body ZNS, resp. PNS ve výškovém systému Bpv, bude jistě zajímavé porovnat výškové rozdíly bodů ležících na různých březích Vltavy, určené nivelací ze ZNS, a převýšení bodů, určené metodami TUVR a GPS [11].

Metoda GPS je jistě slibnou metodou, ale je ještě mnoho otázek, kterými se lze zabývat. Bude vhodné věnovat pozornost zejména výpočtu odlehlosti geoidu (kvazigeoidu) nad referenčním elipsoidem pro výpočet normálních Moloděnského výšek (Bpv) z výšek elipsoidických získaných z GPS. Ve výpočtu byly použity dva modely kvazigeoidu. Pro získání lepších výsledků ve výškové složce byly provedeny výpočty s nejnovejším modelem kvazigeoidu a porovnány variace odlehlosti – výsledky byly téměř shodné (do 0,1 mm). To však nic nemění na potřebě ještě podrobnějších modelů gravitačního pole Země s vystižením lokálních anomálií.

Článek vznikl za podpory projektu č. CTU0302911 ČVUT IGS 2003.

Literatura

- [1] ČSN ISO 4463-1 Měřicí metody ve výstavbě – vytyčování a měření – Část 1: Navrhování, organizace, postupy měření a přijímací podmínky. ČSN.
- [2] Kostecký, J. – Dušátko, D. – Šimek, J. – Vatr, V. – Provázek, J. – Zajíček, L.: Geodetické referenční systémy v České republice. VÚGTK, VZÚ Praha, 1998, s. 61–135, s. 163–171.
- [3] Blažek, R. – Jandourek, J.: Geodézie – úpravy měřených veličin a výškopis. Praha, Vydavatelství ČVUT 1994, ss. 45–63, 114–147.
- [4] Mervart, L. – Cimbálník, M.: Vyšší geodézie 2. Praha, Vydavatelství ČVUT 1997.
- [5] Cimbálník, M. – Mervart, L.: Vyšší geodézie 1. Praha, Vydavatelství ČVUT 1997.
- [6] Kostecký, J. – Cimbálník, M.: Převod souřadnic mezi S-JTSK a ETRS-89. GaKO, 1996, č. 2, s. 23–30.
- [7] Böhm, J. – Radouch, V. – Hampacher, M.: Teorie chyb a vyrovnávací počet. Praha, Geodetický a kartografický podnik 1990, s. 139–255.
- [8] Zeman, A.: Geofyzika. Praha, Vydavatelství ČVUT 1993.
- [9] Witte, B. – Deußen, D. – Casott, N.: Současné metody pro určení geodetické refrakce při pozemních přesných měřeních. GaKO, 2000, č. 1, s. 1–7.
- [10] Pospíšil, J.: Snížení vlivu terestrické refrakce využitím radiální bilance zemského povrchu. GaKO, 2001, č. 7, s. 146–149.
- [11] Skořepa, Z. – Kubín, T. – Příkryl, M.: Porovnání dvou metod pro určování výškových rozdílů. GaKO, 2001, č. 12, s. 305–310.

Cuřín, M.: Construction of a Micronetwork for a Bridge Construction Using the GPS Method

In practical geodesy, the construction of a precise staking geodetic network for technologically ambitious work in a rugged landscape (eg the building of a bridge over a deep rocky river valley) is often required. For the precision assurance of the basic control in surroundings of the construction it is necessary to take into account the quality of positional and vertical locating of the staking network. The aim of the project is to assess the possibility of micro network definition by fast GPS.

Cuřín, M.: Errichtung eines Mikronetzes für den Bau einer Brücke mit der Methode GPS

In der geodätischen Praxis ist es oft notwendig, ein Abstecknetz für technologisch anspruchsvolle Werke zu errichten, z.B. für die geplante Überbrückung der Moldau durch den Autobahnring im Norden von Prag. Für die Genauigkeit der geodätischen Grundlagen in der Umgebung des Baus ist es notwendig, die Qualität ihrer lage- und höhenmäßigen Bestimmung zu garantieren.

• zprávy

Luxembourg Plaza

Moderní architektonicky ojedinělý komplex na rozhraní pražského Žižkova a Vinohrad, v těsné blízkosti stanice metra Flora, postavila společnost Skanska CZ v období od prosince 2004 do května 2006. Na designu se podílela Architectonica, tým architektů z Miami, a Cigler Marani Architects z Prahy. Developerem, investorem a správcem nemovitosti je Orco Property Group



Multifunkční projekt nabízí na celkové pronajímatelné ploše 25 020 m² moderní kanceláře kategorie A, obchodní prostory, mezinárodní hotel Marriott Courtyard se 161 pokoji a podzemní parkovací místa. Z předních nájemníků lze jmenovat mezinárodní společnosti, jako jsou Exxonmobil, Burda, GTS Novera, Jan Becher – Karlovarská Becherovka.

Atraktivní design je zvýrazněn atypickou dominantní fasádou z kamene a skla. Uvnitř budovy se nachází jedno z největších otevřených atrií v Praze, které poskytuje nejen dostatek přirozeného osvětlení do kanceláří a příjemný výhled, ale také nabízí klidné místo pro odpočinek zaměstnanců a jejich návštěvníků. *Tisková informace*

AQUATHERM Praha

21. – 25. listopadu 2006
Praha, Výstaviště Holešovice



Nomenklatura 13. mezinárodního odborného veletrhu vytápění, větrání, klimatizační, regulační, sanitární a ekologické techniky je zaměřena na hlavní obory technického zařízení budov.

Program konference:

- Provoz a údržba bytových domů
- Nízkoenergetické, pasivní a inteligentní budovy – nadsázka či realita?
- Vytápění a větrání průmyslových objektů
- Využití pevných paliv pro vytápění budov ve 3. tisíciletí

Odborný program doplní třetí ročník výstavy „NÍZKOENERGETICKÁ VÝSTAVBA“ a semináře vystavovatelů.

Informace: Progres Partners Advertising, s.r.o., Opletalova 55, 110 00 Praha 1, tel.: 224 213 905, fax: 224235033, e-mail: aqua@ppa.cz.

www.ppa.cz
www.tzb-info.cz

● software

ArchiCAD 10

Výrazná novinka na trhu CAD pro architekturu a projekování přichází i do naší republiky. Přináší výrazné rozšíření možností pro modelování v prostředí virtuální budovy. Lze modelovat konstrukce velmi obecných tvarů nebo zpracovávat rekonstrukce historických objektů, přičemž automatika generování dvojrozměrné dokumentace a výkazů je zachována. Podporovanými operačními systémy jsou Windows® XP Pro, Windows XP X64 edition, Macintosh® OS X 10.3, Macintosh OS X 10.4. Demo verzi a verzi pro studenty lze zdarma získat stažením z internetových stránek Graphisoftu.

Konstrukce obecných tvarů

- zdi, sloupy a nosníky nejsou omezeny na vertikální/horizontální konstrukce, lze je umístit pod jakýmkoli úhlem. To znamená, že zdi mohou být svislé, šikmé a oboustranně zkosené. To samé platí pro sloupy a nosníky. ArchiCAD 10 rovněž umožňuje přiřadit zdem, sloupům a nosníkům obecný profil (v příčném řezu), který se může skládat z několika komponent z rozdílného materiálu;
- trojrozměrné zóny se automaticky přizpůsobují výsledné geometrii konstrukce. Jejich ořezávání pomocí desek a střeš je založeno na operacích boolean, tzn. trojrozměrná zóna může být komplexního tvaru;
- půdorysné zobrazení konstrukcí reflektuje výšku řezu, ze které je půdorys generován, i možnost nastavit různou symboliku vykreslení. ArchiCAD 10 disponuje širokou parametrizací dvojrozměrného zobrazení i velmi složité konstrukce se v půdorysu automaticky zobrazí, jak je vyžadováno normou a zvyklostmi.

Sjednocené pracovní postupy

- PlotMaker – výkresové prostředí je plně integrováno, veškeré dokumenty a výkresové sestavy jsou přístupné v navigátoru. Jakýkoli objekt lze mezi dokumenty přesouvat systémem “táhni a pusť”;
- možnost ukládat výkresy a výkresové sestavy do dokumentů PDF nabýzely již předchozí verze. Nejnovější je dokáže nejen ukládat, ale i načítat, a to i trojrozměrně;
- model je plně modifikovatelný prostřednictvím interaktivní tabulky objektů. Objekty lze v tabulce třídít a řadit podle různých kritérií. Jestliže je parametr objektu v tabulce změněn, změna se projeví v trojrozměrném modelu a všech dvojrozměrných dokumentech. Interaktivní tabulky lze v grafické formě umísťovat na výkresy, jejich tvar se automaticky přizpůsobí velikosti výkresu;
- teamwork – funkce jsou rozšířeny i na výkresové prostředí. Systém správy dokumentů je přizpůsoben pro práci i na velkých projektech;
- lze pracovat s neomezeným počtem sad per, každý výkres může být kreslen jinou sadou. Nastavení je součástí navigátoru, tzn. studii lze jednoduše přiřadit jinou sadu per než např. prováděcí dokumentaci;
- pro lepší dvojrozměrné grafické znázornění výkresů byly výplně rozšířeny o možnost nastavení barevného gradientu. Samozřejmostí je nastavení počátku a orientace výplně;
- další možnosti nastavení tisku a plotování – vysoké rozlišení i pro tisk velkých formátů, tisk ve vlasových čarách (v závislosti na maximálním rozlišení tiskového

zařízení), tisk vybraných vrstev v navigátoru, velikost výkresové sestavy podle velikosti papíru, nastavení velikosti tištěné výkresové sestavy v procentech.

Uživatelské rozhraní

- ArchiCAD 10 je plně přizpůsoben operačním systémům Windows XP (resp. MacOS). Každé tlačítko, rozbalovací menu a další nastavení přesně odpovídají standardům Windows XP. Velikost příkazů se automaticky přizpůsobuje rozlišení obrazovky tak, aby písmo bylo vždy čitelné;
- nový systém nápovědy nabízí více informací při provádění jednotlivých operací. V případě stisku pravého tlačítka myši v jakémkoli místě program reaguje způsobem “Co to je?” nebo “skokem” do relevantního místa nápovědy;
- organizace pracovního prostředí pomáhá nastavení firemních pracovních schémat, ta lze kontrolovat z jednoho počítače. Nastavená prostředí jsou k dispozici v momentě instalace (vizualizace, rýsování atd.). Program rovněž umožňuje využití pracovních profilů a schémat z předchozí verze;
- přehled o vybraných objektech je dán dočasnou změnou jejich barvy. To platí pro dvojrozměrné dokumenty i trojrozměrné zobrazení;
- je urychleno zadávání objektů pomocí dočasně se zobrazujících vodičích čar. Uživatel má k dispozici komplexní grafický systém pro dosažení požadovaného umístění, vzdálenosti, úhlu. Vše je intuitivní a velmi snadno pochopitelné;
- při posouvání objektů je velmi důležitá přesnost (např. stůl umístěný přesně v rohu místnosti) – všechny hrany a “rohy” objektů jsou uchopovacími body a všem je přiřazen “magnetismus” (např. stolem lze pohybovat po obrysu zdi);
- jsou rozšířeny možnosti pro zadávání souřadnic a rozměrů objektů. Paleta s údaji, které jsou neustále aktualizovány, sleduje kurzor. Kdykoli uživatel zadá hodnotu, pozice objektu se přizpůsobí. Při zadávání souřadnic lze přeskakovat mezi absolutním a relativním souřadným systémem;
- standardem pro ovládání pohybu ve 3D se staly počítačové hry. ArchiCAD 10 se chová stejně, což přináší možnost současné editace a natáčení;
- grafické znázornění struktury podlaží se zobrazuje v řezu. Výšku jednotlivých podlaží pak lze nastavit i graficky, právě v tomto zobrazení. Veškeré konstrukce se změně automaticky přizpůsobí.

Centrum pro podporu počítačové grafiky ČR (CEGRA) nabízí CAD software projektantům, architektům, stavebním inženýrům a ostatním odborníkům ve stavebnictví. Jako exkluzivní partner firmy Graphisoft pro Českou republiku dodává 2D/3D integrovaný projekční systém ArchiCAD, na který navazují software pro řízení projektů Virtual Construction a pro facility management systém ArchiFM a nástroje GDL (Geometric Description Language) pro vytváření elektronických katalogů stavebních výrobků.

● zprávy

Archeologický výzkum končí, stavba krajského centra běží naplno

V areálu bývalého městského pivovaru v Hradci Králové skončily práce archeologové a naplno se rozbíhá výstavba nového Administrativního centra Královéhradeckého kraje. Již od první poloviny roku 2007 zde bude sídlit krajský úřad, komerční objekty a další instituce, mimo jiné Katedra výtvarné výchovy UHK. Projekt zahájila Divize Pozemní stavitelství Morava společnosti Skanska CZ v dubnu roku 2005. Investorem projektu je firma Immorent ČR, člen skupiny Erste Bank, která rekonstrukci financuje pro Krajský úřad. Ten bude nemovitost splácet a stane se jejím vlastníkem. Autorem architektonického návrhu je projektová a inženýrská společnost 3Q PROJECT.

Od zahájení stavby zde proběhly dvě etapy archeologického výzkumu a byl schválen projekt podchycení významných archeologických nálezů. První etapa proběhla v listopadu a prosinci 2004 v prostoru nádvoří pivovaru. Čtyři kopané sondy západně od rampy bývalé lahovny odhalily zbytky základů dvou věží původní městské cihlové hradby ze 14. až 15. století. Východně od objektů bývalé sladovny, varny a sila byla zachycena část parkánové hradby a jedna z bašt z lánané opuky z 15. až 16. století. V hloubce 2 až 4 m pod stávající stavbou bylo zjištěno pravěké souvrství (pozdní doba kamenná, doba bronzová) s relikty dřevohlinité hradby včetně dochovaných stop jejích konstrukčních prvků. Druhá etapa probíhala od května do listopadu 2005 v prostoru budoucího Pivovarského náměstí a zadního traktu objektu bývalé laboratoře.



V současné době jsou konzervovány a tříděny movité nálezy, je postupně zpracovávána fotografická a kresebná dokumentace. Ve východní části areálu odhalila druhá etapa též zbytky valového opevnění včetně pravěkých a raně středověkých zlomků keramiky. Nalezená kamenná zídka je nejstarší archeologicky dochovanou kamennou stavbou v Hradci Králové. Dále byly odkryty zbytky základů věží horní městské hradby ze 14. až 15. století. V severozápadní části areálu byl odkryt celý průběh parkánové hradby včetně válcové bašty, která zůstane zachována na původním místě nálezů stejně jako blok jílového valu v budoucí stavbě. Síla zdiva bašty je 80 až 100 cm, dochovaná výška cca 2 m, poloměr oblouku bašty cca 2,5 m. Z výzkumu bylo získáno 2 313 sáčků s nálezy, z toho je např. 119 sáčků s nálezy skla, 810 sáčků s keramikou, 498 sáčků se zvířecími kostmi, 213 sáčků se železnými předměty, 57 vzorků stavebního materiálu a

82 vzorků dřeva. Zajímavostí je 46 sáčků s říčními škeblemi, 10 sáčků s kostěnými nástroji, 16 sáčků s kamennými štípanými nástroji a další.



Vybraná část jílového valu lichoběžníkového tvaru rozměru 6 x 5,1 x 2,2 m bude uzavřena do železobetonové obálky o tloušťce stěn 40 cm. Dno bude zajištěno ocelovými nosníky osazenými do ocelových trubek, které budou protlačeny pod val. Tyto nosníky budou vynášeny do mikropilot, které přenesou zatížení po dobu stavebních prací do základové spáry. Po dokončení skeletu parkingu vznikne pod podlahou valu zesílená deska a val bude na horním líci přisypán vrstvou písku tlustou 20 cm. Pomocí ztraceného bednění bude nad ním vybetonována dočasná nosná konstrukce pod budoucím Pivovarským náměstím, a poté bude ocelová konstrukce odstraněna.

Válcová bašta bude podchycena ocelovou konstrukcí a dočasně uzavřena do ochranné obálky ze stříkaného betonu. Přenesení zatížení do základové spáry zajistí stejně jako u valu nosníky a mikropiloty délky 14 m. Celá ocelová konstrukce bude ztužena zavětrováním a bude proveden odkop zeminy na úroveň základové spáry. Po dokončení skeletu bude ocelová konstrukce odstraněna.

Cílem rekonstrukce je vytvořit moderní a důstojné krajské centrum, ale zároveň ponechat a zrenovovat historicky významné části pivovaru. V areálu vznikne několik set parkovacích míst pro občany, která v současné době městu chybějí. Součástí administrativního centra bude i restaurace, zbytek komerčních ploch je určen vesměs k nepotravinářskému využití. Nebude chybět ani banka. Nové Pivovarské náměstí se pak stane místem pro setkávání lidí.

Tisková informace

STAVEBNÍ OBZOR

ROČNÍK 15 ČÍSLO 09/2006

Navigace v dokumentu

OBSAH

Macháček, J. Mezinárodní spolupráce evropských stavebních fakult	257
Jokl, M. – Kabele, K. Experimentální stanovení optimálních teplot v interiéru	262
Florian, A. – Pěňčík, J. – Ševelová, L. Využití výpočetních metod při simulaci experimentálních zkoušek konstrukcí po sanaci poškozených částí	268
Pospíšil, J. – Raška, M. Sledování svahových sesuvů pomocí geodetických měření	275
Jiříkovský, T. Geodetický monitoring zavěšené lávky v Radotíně	281

9 • 2006

ročník 15

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**CONTENT****INHALT**

Macháček, J.

**Mezinárodní
spolupráce evropských
stavebních
fakult** 257

Macháček, J.

**International Co-operation
of European Civil
Engineering
Faculties** 257

Macháček, J.

**Internationale
Zusammenarbeit europäischer
Fakultäten für
Bauingenieurwesen** 257

Jokl, M. – Kabele, K.

**Experimentální
stanovení
optimálních
teplot v interiéru** 262

Jokl, M. – Kabele, K.

**Experimental Determination
of Optimal
Temperatures
in the Interiors** 262

Jokl, M. – Kabele, K.

**Experimentelle Bestimmung
der optimalen
Temperaturen
im Innern** 262

Florian, A. – Pěňčík, J. –
– Ševelová, L.

**Využití výpočetních
metod při simulaci
experimentálních
zkoušek konstrukcí
po sanaci
poškozených
částí** 268

Florian, A. – Pěňčík, J. –
– Ševelová, L.

**Computational Methods
for Simulating
Experimental
Tests of Structures
after Repair
of Damaged
Parts** 268

Florian, A. – Pěňčík, J. –
– Ševelová, L.

**Anwendung von
Berechnungsverfahren
bei der Simulation
experimenteller Prüfungen
von Konstruktionen
nach der Sanierung
beschädigter Teile** 268

Pospíšil, J. – Raška, M.

**Sledování svahových
sesuvů pomocí
geodetických
měření** 275

Pospíšil, J. – Raška, M.

**Monitoring of Landslides
by Means
of Geodetic
Measurements** 275

Pospíšil, J. – Raška, M.

**Beobachtung von
Hangrutschungen
mit Hilfe geodätischer
Messungen** 275

Jiříkovský, T.

**Geodetický
monitoring
zavěšené lávky
v Radotíně** 281

Jiříkovský, T.

**Geodetic Monitoring
of a Suspension
Footbridge
in Radotín** 281

Jiříkovský, T.

**Geodätisches Monitoring
einer Fußgänger-
Hängebrücke
in Radotín** 281

REDAKČNÍ RADA**Předseda:**

prof. Ing. Jiří STUDNIČKA, DrSc.

Místopředseda:

doc. Ing. Alois MATERNA, CSc.

Členové:

doc. Ing. Pavel HÁNEK, CSc.

doc. Ing. Vladimír JELÍNEK, CSc.

Ing. Jiří KALA, Ph. D.

doc. Ing. J. KORYTÁROVÁ, Ph. D.

Ing. Karel KUBEČKA

doc. Ing. Ladislav LAMBOJ, CSc.

doc. Ing. Ivan MOUDRÝ, CSc.

doc. Ing. Jaroslav NOVÁK, CSc.

doc. Ing. Luděk NOVÁK, CSc.

doc. Ing. Miloslav PAVLÍK, CSc.

prof. Ing. J. PROCHÁZKA, CSc.

Ing. Vlastimil ROJÍK

Ing. Karel SVOBODA

doc. Dr. Ing. Miloslav ŠLEZINGR

Ing. Milan ŠMAK, Ph. D.

Ing. Ludvík VÉBR, CSc.

doc. Ing. Josef VITÁSEK, CSc.

prof. Ing. Jiří WITZANY, DrSc.

Ing. Renata ZDAŘILOVÁ

STAVEBNÍ OBZOR, odborný měsíčník, vydává
Fakulta stavební ČVUT Praha společně s Fakultou
stavební VUT Brno, Fakultou stavební VŠB TU
Ostrava, Českou komorou autorizovaných inženýrů
a techniků činných ve výstavbě a Českým svazem
stavebních inženýrů. Řídí redakční rada, vedoucí
redaktorka Marcela Klímová. Adresa redakce:
Thákurova 7, 166 29 Praha 6, tel./fax: 224 354 596,
klimova@fsv.cvut.cz, <http://web.fsv.cvut.cz/obzor>.
Vychází každý měsíc kromě července a srpna,
cena za výtisk je 40 Kč včetně DPH (+ poštovné a
balné). Objednávky odběru i reklamace přijímá
Ing. Milan Gattringer, MG DTP, Borovanská 3388, 143 00
Praha 4, tel./fax: 241 770 220, e-mail: mgdtp@volny.cz.
Odběr je možné zrušit až po vyčerpání zaplaceného
předplatného. Inzerce adresujte redakci. 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 sazby 4. 10. 2006. Nevyžádané rukopisy se nevracejí.

INDEX 47 755, ISSN 1210-4027

Mezinárodní spolupráce evropských stavebních fakult

*prof. Ing. Josef MACHÁČEK, DrSc.
ČVUT – Fakulta stavební
Praha*

Článek se zabývá činnostmi a výsledky projektu Socrates TN EUCEET. Tento vzdělávací projekt byl zahájen v roce 1998, má za sebou 7 let intenzivní činnosti, na projektu spolupracovalo 132 partnerů (z toho 101 univerzit) a výsledky jsou publikovány ve 4 knižních svazcích i elektronicky (viz <http://www.euceet.utcb.ro/>). Projekt je přímo navázán na činnost asociace AECEF, založené na FSv ČVUT v roce 1992.

Úvod

V září roku 1992 byla z iniciativy J. Witzanyho, tehdejšího děkana Fakulty stavební ČVUT v Praze, založena Asociace evropských stavebních fakult (AECEF). Její statut a cíle jsou uvedeny na internetové stránce <http://departments.fsv.cvut.cz/aecef/>. Asociace sdružuje evropské i mimoevropské stavební fakulty, vydává pravidelně dvakrát ročně Newsletter AECEF a organizuje zhruba s dvouletou periodou mezinárodní symposia. Ta jsou zaměřena především na otázky vzdělávání, ale zahrnují i otázky výzkumu, inovací a praxe. Informace k jednotlivým symposiím (Praha 1995, Odesse 1997, Cardiff 1999, Porto 2002, Helsinky 2005), sborníky a zásadní referáty je možné vyhledat na uvedené internetové stránce. V současnosti je v AECEF zastoupeno 22 zemí, 43 univerzit a má 60 reprezentujících členů. Sekretariát je umístěn na FSv ČVUT. Prezidentem asociace je J. Witzany, tajemníkem J. Váška a autor článku je členem dvanáctičlenného řídicího výboru.

V souvislosti s globálními změnami v Evropě po roce 1990, se změnou systému vzdělávání po přijetí Sorbonské (5/1998) a Boloňské deklarace (7/1999) a s rostoucím významem technického vzdělávání, se v roce 1998 sdružilo 58 partnerů ze 20 zemí Evropy z oblasti stavebního vzdělávání a vypracovalo návrh na rozsáhlý projekt v rámci programu Socrates-Erasmus, zaměřený na vysokoškolské stavební vzdělávání. Evropská komise tento projekt přijala jako tříletý tematický projekt s plněním 9/1998–8/2001. AECEF byla u zrodu projektu a byla jako asociace jedním z partnerů, tzn. zakládajícím členem. Název projektu byl EUCEET (European Civil Engineering Education and Training). Koordinátorem projektu, který má své pokračování, je A. M. Cammarotová (ENPC, Francie), vedením byla pověřena řídicí komise v čele s I. Manoliiem (TUCE Bucharrest, Rumunsko). Autor článku je od počátku projektu členem této řídicí tříčlenné komise.

Projekt, později nazývaný EUCEET I, byl zaměřen na následující témata (uvedena ve volném překladu):

- A. učební osnovy pro stavební inženýry v nižším (bakalářském) stupni;
- B. inženýrské (magisterské) studijní programy a pokračující celoživotní vzdělávání;
- C. zajištění kvality studia a akreditace inženýrského vzdělávání;
- D. inovace a změny ve výuce stavebních inženýrů;
- E. spolupráce mezi univerzitami, výzkumem, průmyslem a veřejnou správou ve stavebnictví;
- F. ekonomické a odborné požadavky na vzdělávání stavebních inženýrů v Evropě.

Účastníky projektu byli zástupci registrovaných partnerů, např. za FSv ČVUT V. Kuráž, za AECEF autor článku. Byly vytvořeny pracovní skupiny, které prostřednictvím elektronické komunikace a pracovních schůzek připravily zásadní materiály ke stavu uvedených témat v rámci Evropy. Výsledky byly projednány na valných hromadách projektu, a posléze publikovány. První sborník EUCEET [1] obsahuje zprávy k tématům A, C, E. Druhý sborník [2] obsahuje odborné příspěvky z mezinárodní konference uspořádané spolu s třetí valnou hromadou projektu v Rumunsku v roce 2001. Témata konference byla následující (ve volném překladu):

- ekonomické a odborné požadavky na vzdělávání stavebních inženýrů v Evropě;
- trendy v oblasti evropského vzdělávání stavebních inženýrů;
- postgraduální programy a celoživotní odborné vzdělávání stavebních inženýrů;
- akreditace a vzájemné profesní uznávání ve stavebním inženýrství.

Po úspěšném obhájení výsledků projektu EUCEET I získali účastníci jednoletý projekt k šíření získaných výsledků (Dissemination project), pro období 10/2001–9/2002. V jeho průběhu byla uspořádána tři tzv. EUCEET fóra (Madrid, Gliwice, Mnichov). Třetí sborník EUCEET [3] obsahuje zprávy ke zbývajícím tématům projektu, tj. B, D, F a dále podrobnější informace prezentované na těchto fórech ke všem tématům.

Evropská komise po zhodnocení projektu udělila organizátorům pro další období nový projekt, EUCEET II. Šlo o další tříletý projekt s termínem 10/2002–9/2005. Počet zapojených partnerů se v průběhu celého projektu zvýšil na 132 z 29 zemí Evropy, *tab. 1*. Lze konstatovat, že byly zapojeny všechny země Evropy a všechny renomované stavební fakulty evropských univerzit. Jako pozorovatelé (bez evropských dotací) byly účastníky i mimoevropské univerzity (z Honkongu, Číny, Kanady, USA apod.)

Tab. 1. Počet partnerů v projektu EUCEET

Instituce	EUCEET I			Dis.	EUCEET 2		
	1998–1999	1999–2000	2000–2001		2002–2003	2003–2004	2004–2005
univerzity	43	50	59	66	97	100	101
neziskové národní organizace	7	8	13	13	14	14	14
neziskové mezinárodní organizace	2	2	2	2	1	1	1
asociace univerzit	1	1	1	1	1	1	1
výzkumné instituce	5	5	5	5	6	6	6
průmyslové organizace	0	0	0	0	7	9	9
celkem	58	66	80	87	126	131	132
zemí	20	24	25	25	29	29	29

EUCEET II

Činnost v projektu EUCEET II probíhala v šesti tématech, s jedenácti specifickými projekty (SP). Ve volném překladu jde o následující témata:

Téma A: Otázky učebních osnov pro stavební inženýrství a jejich vývoj

- SP.1 Rozbor a doporučení pro základní učivo („core curricula“) v různých studijních programech.
- SP.2 Praxe jako část učebních osnov.
- SP.3 Otázky životního prostředí a udržitelného rozvoje.
- SP.4 Netechnické předměty ve stavebním vzdělávání.

Téma B: Rozvoj učebních metod ve stavebním inženýrském vzdělávání

- SP.5 Problémově orientované a projektově založené vzdělávání.
- SP.6 Používání informačních a komunikačních technologií (ICT) při vzdělávání.

Téma C: Podpora evropské dimenze stavebního inženýrského vzdělávání

- SP.7 Harmonizace evropských norem a pravidel.
- SP.8 Spolupráce mezi TN EUCEET, dalšími aktivitami v rámci programu Socrates-Erasmus a evropskými stavebními výzkumnými sítěmi.

Téma D: Zvýšení atraktivnosti profese stavebního inženýra

- SP.9 Zvýšení atraktivnosti profese stavebního inženýra.

Téma E: Uznání akademických a profesních kvalifikací ve stavebním inženýrství

- SP.10 Speciální znalosti a schopnosti absolventů stavebních inženýrských programů.
- SP.11 Akademické a profesní uznání a mobilita evropských stavebních inženýrů.

Téma F: Celoživotní vzdělávání ve stavebním inženýrství

- SP.12 Celoživotní vzdělávání ve stavebním inženýrství.

Pracovní skupiny postupovaly obdobně jako v projektu EUCEET I. Základní informace byly vesměs získány z zpracovaných dotazníků, zaslanych všem partnerům. Přímí zástupci partnerů tak organizovali a zpracovávali v průběhu řešení mnoho dotazníků pro příslušné pracovní skupiny, a zároveň v ně-

kteř z konkrétních skupin aktivně působili (např. autor článku byl vedoucím SP.7, jehož výsledkem je rozsáhlá zpráva k průběhu zavádění všech Eurokódů a soupis podkladové literatury k jejich jednotlivým částem). Výsledné zprávy byly předloženy ke schválení valným hromadám projektu (Malta 2004, Paříž 2005), jsou publikovány elektronicky na webové stránce projektu EUCEET (<http://www.euceet.utcb.ro/>) a knižně ve čtvrtém [4], [5], pátém a šestém svazku (v tisku). Některé výsledky, zaměřené zejména na systém vzdělávání, jsou dále uvedeny.

Změna systému stavebního inženýrského vzdělávání po roce 2000

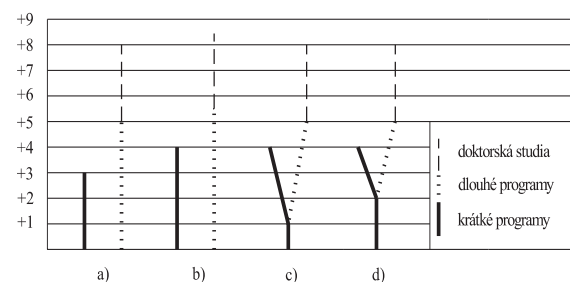
Podle dotazníkového průzkumu, provedeného v rámci projektu EUCEET v roce 2000, existovaly v Evropě dva základní systémy:

- kontinentální,
- anglosaský.

Kontinentální systém má obvykle dva typy programů:

- programy dlouhé (inženýrské, v délce 4,5 – 6 roků),
- krátké (bakalářské, v délce 3 – 4 roky).

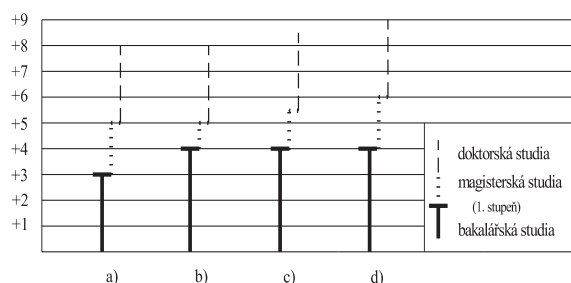
Tyto programy obvykle běží paralelně, variantou je „stromově“ uspořádání, mající společné 1. – 2. ročníky (*obr. 1*) [6].



Obr. 1. Kontinentální systém

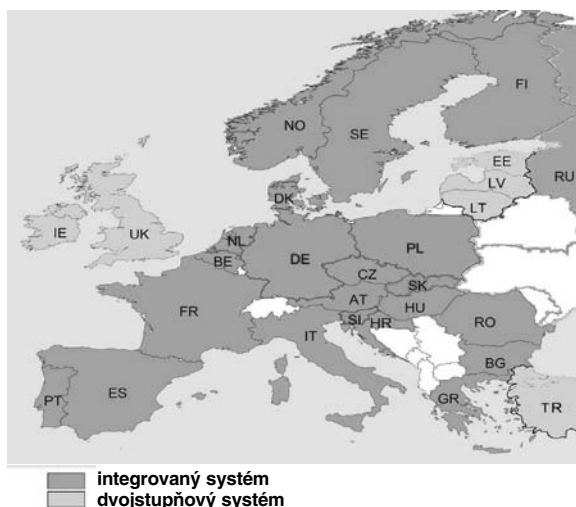
Anglosaský systém má programy uspořádané sériově. První stupeň v délce 3 až 4 roky vede v Anglii k titulům BEng, BSc, MEng (posledně jmenovaný je čtyřletý). V Irsku je většina stavebních programů čtyřletá (BEng, BE, BAI), výjimečně pětiletá, po tříletém studiu ukončeném diplomem. Ve Skotsku jsou programy BEng čtyřleté. Varianty anglosaského uspořádání jsou uvedeny na *obr. 2*.

Průzkum v rámci projektu EUCEET II ukázal masivní přechod stavebního vzdělávání na dvojstupňový systém me-

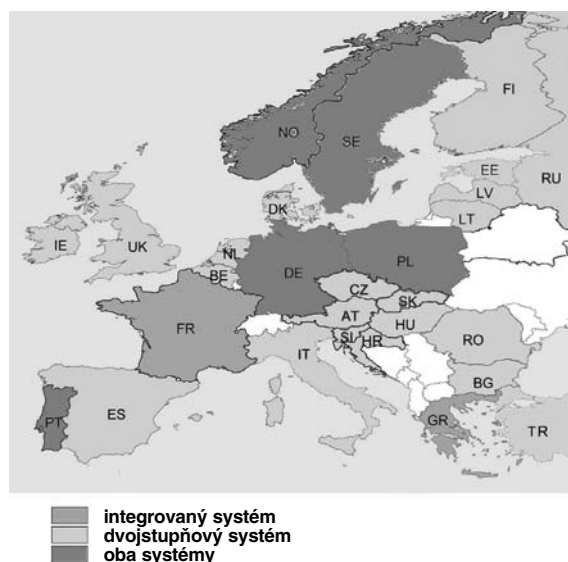


Obr. 2. Anglosaský systém

zi léty 2000–2005. V roce 2000 byla situace v 28 zemích Evropy taková, že pouze 6 zemí mělo dvojitupňový systém (EE, IE, LT, LV, TR, UK), obr. 3. V roce 2005 naopak pouze 2 země setrvávají na kontinentálním systému (FR, GR) a 5 zemí ještě zachovává oba systémy (DE, NO, PL, PT, SE). S výjimkou Francie a Řecka je již všude zaveden dvojitupňový systém (obr. 4).



Obr. 3. Systém studia v evropských zemích v roce 2000



Obr. 4. Systém studia v evropských zemích v roce 2005

Na základě rozboru příslušné části Boloňské deklarace (Action Line 2) dospěla pracovní skupina projektu EUCEET ke stanovisku vyjádřenému řídicím výborem projektu v Pa-

říži v únoru 2004. Stanovisko podporuje dvojitupňový systém s tím, že stavební inženýrství je oborem s velkým vlivem na společnost. Proto doporučuje pro první stupeň vzdělání čtyřleté (240 ECTS kreditů) a považuje integrované pětileté studium (vedoucí přímo k magisterskému titulu) rovněž za systém odpovídající požadavkům Boloňské deklarace.

Přechod z integrovaného studia na dvojitupňové

Přechod z integrovaného (dlouhého) studia na dvojitupňové vyžaduje rozhodnutí o délce programů. V tabulce 2 je uveden přístup volený některými zeměmi zapojenými v projektu EUCEET. Je zřejmé, že většina zemí zvolila koncept 3+2.

Podle diskusí v rámci projektu EUCEET však tříletý bakalářský program stěží naplňuje boloňský požadavek na takové vzdělání v prvním stupni, které zajistí dostatečnou kvalifikaci pro pracovní trh. Jde spíše o naplnění určitého vzdělání vhodného pro mobilitu studentů, popř. pro přechod na jiný obor. Očekává se, že tito studenti budou vesměs pokračovat v magisterských studiích na téže univerzitě (v posledním období se to potvrzuje zejména v Itálii a na Slovensku).

Čtyřleté bakalářské studium v prvním stupni zvolila Litva, Lotyšsko, Rumunsko, ČR, zavádí je Maďarsko, Španělsko a Portugalsko. Absolventi mají mít dostatečné znalosti teoretické i praktické pro volbu pokračování v magisterském studiu nebo pro vstup do praxe.

Bakalářské vzdělání

Z přehledu bakalářských vzdělání v různých zemích je zřejmé, že je nutné rozlišovat mezi novým bakalářem dvojitupňového studia a bakalářem tradičního samostatného studia. Například v Dánsku tradiční bakalář (absolvující univerzitu nebo college) studoval 3,5 roku a Society of Danish Engineers jej pro praxi profesionálně uznávala, zatímco nové bakaláře dvojitupňového studia nikoliv. Obdobně je tomu v Nizozemí, Belgii a ve Finsku. Dokonce i v Anglii po transformaci polytechnik na univerzity je pohlíženo na tříleté bakaláře různě, podle úrovně univerzity. V Itálii se absolventi bakalářských stavebních studií neseťkávají s příliš příznivým přijetím v praxi, a proto vesměs pokračují v magisterském studiu. V ČR absolvují první bakaláři v roce 2007 a přijetí praxí i ČKAIT teprve bude krystalizovat.

V angličtině se ujal pro nové bakaláře výraz "first cycle degree", který je nutné zkoumat v kontextu vzdělávacího systému. Bakaláři mohou být absolventi univerzitního i ne-univerzitního studia a pro srovnání se zavádí kategorizace:

- profesní bakalář (professional bachelor), orientovaný více aplikačně;
- akademický bakalář (academic bachelor), orientovaný více teoreticky.

Magisterské vzdělání

Magisterské vzdělání lze získat tradičním integrovaným (pětiletým) studiem, popř. francouzským studiem 3+2 (Grandes Ecoles). V angličtině se pro tyto absolventy ustálil výraz "integrated masters", a v Evropě (pomineme-li Francii) na nich trvá v podstatě pouze Řecko. Pro magisterské vzdělání ve dvojitupňovém vzdělávání jsou získané tituly podle zemí velmi rozdílné (viz [3], část 2). Pro rozlišení se pro ně ujal v angličtině název "consecutive masters" a opět je možná kategorizace:

- magistr výzkumného zaměření v jednom oboru (research master, professional master),
- magistr širšího zaměření, např. inženýrství + ekonomika, inženýrství + právo apod. (conversion master).

Tab. 2. Přechod z integrovaného studia na dvojestupňové

Země	Délka studia [roky]						Bakalářský stupeň	
	3+1,5	3+2	3,5+1,5	4+1	4+1,5	4+2	dostatečný pro praxi	zejména jako stupeň
Belgie (BE)		x						x
Dánsko (DK)		x						x
Německo (DE)		x						x
Finsko (FI)		x						x
Holandsko (NL)		x						x
Švédsko (SE)	x							x
Itálie (IT)		x						x
Slovensko (SK)		x						x
Česko (CZ)					x	x ¹	x	
Litva (LI)						x	x	
Lotyšsko (LV)			x ²			x	x	
Polsko (PL)				x ²	x		x	
Rumunsko (RO)					x		x	

¹ pouze pro studijní program Architektura a stavitelství

² pouze některé technické univerzity

Otázkou ve dvojestupňovém vzdělávání zůstává přijímání studentů do druhého stupně. V případě systému 3+2 se očekává automatické přijetí všech uchazečů majících příslušný bakalářský diplom. Jiná situace je u systému se čtyřletým bakalářským stupněm, postačujícím pro vstup do praxe. V takovém případě jsou pro přijetí do druhého stupně vhodná patřičná kritéria (přijímací zkouška, určitý průměr známek apod.). Důvodem je nejen umožnit vstup bakalářům z neuniverzitního sektoru, ale i ekonomika státu.

Profesní inženýrské organizace pozorně sledují boloňský proces, neboť udělení autorizace (v našem pojetí) souvisí s odbornou zdatností absolventů. Zatímco v Itálii mohou i tříletí bakaláři ze zákona žádat o autorizaci, byť inženýrská komora (Consiglio degli Ingegneri) byla zásadně proti, v ostatních zemích se vesměs předpokládá, že profesní uznání vyžaduje alespoň čtyřleté studium, popř. magisterský stupeň. Stejný názor má i ČKAIT.

Uznávání vzdělání

Pracovní skupina pro uznávání vzdělání a akreditace studijních programů rozdělila problematiku uznávání vzdělání:

- na akademické uznávání,
- na profesní uznávání.

Akademické uznávání je vyžadováno ustanovením Pražského komuniké a vychází ze zavedení kreditního systému (z kumulace a převodu ECTS kreditů) a dodatků k diplomu.

Profesní uznávání je regulováno zákonem (Itálie, Řecko, Španělsko, Portugalsko), popř. profesními organizacemi. Propracovaný systém má Velká Británie, kde Inženýrská rada (Engineering Council) má tři požadavky:

- akreditované vzdělání v délce alespoň 3 roky pro "spolupracujícího inženýra" ("incorporated engineer", který "ví jak") a 4 roky pro "oprávněného inženýra" ("chartered engineer", který "ví proč");
- počáteční odborný rozvoj (initial professional development, IPD), obvykle se požadují 4 roky praxe pro rozvoj zkušeností, znalostí a kompetencí v určitém oboru;

- odborná zkouška dvěma kvalifikovanými inženýry, spojená s písemnou zprávou a demonstrací schopnosti řídit, používat normy, legislativu a celoživotně se vzdělávat.

Po splnění požadavků obdrží kandidát titul IEng (Incorporated Engineer) nebo CEng (Chartered Engineer).

Profesní uznávání regulovaných profesí v rámci Evropy vychází ze směrnice Evropské komise 89/48/EEC, upravené v roce 2002 návrhem nové směrnice "Directive of the European Parliament and the Council on the Recognition of Professional Qualifications" (platné zřejmě od roku 2007). Určité profese (lékařství, architektura apod.) však mají speciální směrnici. Kvalifikace z různých zemí EU pro výkon profese v kterékoli jiné zemi EU má být uznávána. Podrobnosti lze nalézt na webových stránkách MŠMT, v odkazu Vysoké školství, Uznávání odborných kvalifikací (www.msmt.cz).

Závěr

Výsledky projektů EUCEET I a EUCEET II jsou dostupné na webových stránkách projektu i ve sbornících (k dispozici na sekretariátu AECEF na FSv ČVUT v Praze). Obsahem je velké množství údajů týkajících se vzdělávání stavebních inženýrů v různých zemích Evropy v širším období – od devadesátých let minulého století po současnost.

Důležitý je zejména vývoj a změny zahájené přijetím Boloňské deklarace (7/1999), kde ministři školství 29 evropských zemí přijali závazně 6 známých základních opatření v terciárním vzdělávání, a pokračování v procesu těchto změn. Stalo se tak v Pražském komuniké (5/2001), kde ministři již 33 zemí přidali další 3 opatření, v Berlínském komuniké (9/2003) již se 40 podpisy (včetně Ruské federace, malých a nově vzniklých zemí Evropy), kde bylo přidáno opatření k doktorským studiím, až po setkání ministrů v Bergenu (5/2005) se 48 signatářskými zeměmi zahrnujícími i některé asijské státy. V Bergenu byla přijata opatření k zajištění kvality vzdělávání a vytvoření evropského rámce jejího hodnocení. Schůzka ministrů školství, plánovaná na rok 2007 v Londýně, bude v tomto směru pokračovat.

Ačkoli „boloňské“ změny nejsou vždy přijímány s plným pochopením a přinášejí v období zavádění značné potíže a kritiku úrovně kvality vzdělávání, mají přinést v delším časovém horizontu výhody, které formuloval expert pro evropské univerzitní vzdělávání G. Haug [7]:

- přizpůsobení světově rozšířenějšímu systému vzdělávání bakalář – magistr;
- snížení propadavosti, zejména v prvních ročních integrovaného studia;
- snížení věku vstupu na pracovní trh u bakalářů;
- zvýšení atraktivity evropských univerzit pro zámožské studenty;
- snížení nákladů na bakalářská studia (jak pro rodiny, tak pro veřejné zdroje);
- zvýšení počtu studentů v technických oborech.

Evropská komise požádala v roce 2004 prostřednictvím svého direktorátu DGEC vedení projektu EUCEET o zapojení do projektu „Tuning Educational Structures in Europe“ (zkráceně Tuning). Projekt Tuning probíhá od roku 2000 napříč evropskými projekty s cílem vytvořit základnu pro srovnatelnost vysokoškolského vzdělání a stimulaci univerzit k orientaci nikoli pouze na množství znalostí absolventů, ale také na získané schopnosti a kompetence. Podnětem projektu byly obdobné aktivity ASCE v USA [8]. EUCEET Tuning spočíval v dotazníkové akci, které se zúčastnilo 1151 akademických pracovníků a 728 zástupců stavebního průmyslu z partnerských zemí a vyhodnocení výsledků. Byly kladeny otázky na potřebné obecné a speciální kompetence získané v průběhu bakalářského a magisterského studia.

Z výsledků zveřejněných na webové stránce EUCEET lze stručně uvést pouze nejzajímavější. V obecných kompetencích se ze 17 uváděných kompetencí považuje za nejpotřebnější základní znalost oblasti studia, schopnost aplikace v praxi a schopnost analýzy a syntézy. Nejméně se vyžaduje rozmanitost a multikulturní přístup. Z 18 uváděných specifických kompetencí bakaláře je nejžádanější znalost aplikované mechaniky a matematiky, jako nejméně potřebné označili respondenti nalezení zdrojů a řešení komplexních inženýrských úloh. U magistrů se hlavně vyžaduje znalost aplikované mechaniky a koncepčního návrhu, nejméně okamžitá znalost manažerského přístupu a chápání globálního vlivu inženýrských prací. Vyhodnocení odpovědí však ještě pokračuje, neboť konfidenční intervaly odpovědí byly u jednotlivých otázek značně rozdílné.

Výstupy projektu Tuning souvisejí s dalším projektem EUR-ACE (www.feani.org/EUR-ACE), kterého se někteří partneři projektu EUCEET zúčastní. Jeho hlavním cílem je

vytvoření evropského systému akreditace inženýrského vzdělávání s označením "European label", který bude vzájemně uznáván pro svou kvalitu.

Partneři projektu EUCEET pod vedením řídicí komise připravili návrh na pokračování projektu pod názvem EUCET III. Návrh byl podán k 1.3.2006, a pokud bude přijat, měl by probíhat v tříletém období 10/2006–9/2009. Po široké diskuzi bylo navrženo osm témat (ve volném překladu):

- A. realiace dvojstupňového studia v Evropě podle Boloňské deklarace;
- B. rozšíření spolupráce evropských stavebních fakult zavedením společných diplomů;
- C. doktorské programy jako třetí stupeň vzdělání a otázky stavebního výzkumu;
- E. využití nejlepších zkušeností s multidisciplinárními programy, které zahrnují stavební inženýrství a další obory;
- F. metody výuky, hodnocení a průběh stavebního inženýrského vzdělávání;
- G. propagace stavebního inženýrského vzdělání v Evropě a ztraktivnější mimo Evropu;
- H. rozvoj spolupráce mezi akademickým a profesionálním světem (průmyslem).

Literatura

- [1] Inquiries to European Higher Education in Civil Engineering. First EUCEET Volume, ed. I. Maoliu and T. Bugnariu, Independent Film, Bucharest, 2001.
- [2] Challenges to the Civil Engineering Profession in Europe at the Beginning of the Third Millenium. Proc. of the EUCEET – ECCE Intern., ed. I. Manoliu, Conf., Sinaia 2001, Independent Film, Bucharest, 2002.
- [3] Inquiries to European Higher Education in Civil Engineering. Third EUCEET Volume, ed. I. Maoliu, Independent Film, Bucharest, 2003.
- [4] Civil Engineering Education in Europe 2004. Fourth EUCEET Volume, ed. I. Manoliu, Independent Film, Bucharest, 2004.
- [5] Civil Engineering Education in Europe – an Overview in 2004. Fourth EUCEET Volume, ed. I. Manoliu, Independent Film, Bucharest, 2004.
- [6] Manoliu, I.: Civil Engineering Education in Europe and the Bologna Process – A Review Based on EUCEET Findings. Proc. ASCEND, 5 AECEF Symposium, Helsinki, 2005, pp. 43–54.
- [7] Haug, G.: Trends and Issues in Learning Structures in Higher Education in Europe. Final Version: 18 August 1999, <http://www.eua.be/eua/index.jsp> (Bologna, Trends II)
- [8] Macháček, J.: Civil Engineer Body of Knowledge for the 21st Century. AECEF Newsletter, 2/2004, pp. 3–4.

Macháček, J.: International Co-operation of European Civil Engineering Faculties

The paper deals with activities and results of the Socrates project TN EUCEET. This educational project started in 1998, has been running for seven years full of intensive activities, involves 132 partners (among them 101 universities) and its outcomes have been published in four volumes as well as electronically (see <http://www.euceet.utcb.ro/>). The project is closely tied to activities of the AECEF (Association of European Civil Engineering Faculties) established at the Faculty of Civil Engineering of the Czech Technical University in Prague in 1992.

Macháček, J.: Internationale Zusammenarbeit europäischer Fakultäten für Bauingenieurwesen

Der Artikel befasst sich mit den Tätigkeiten und Ergebnissen des Projektes Socrates TN EUCEET. Dieses Bildungsprojekt wurde im Jahre 1998 begonnen und hat 7 Jahre intensiver Tätigkeit hinter sich. Am Projekt haben 132 Partner (davon 101 Universitäten) mitgearbeitet, und die Ergebnisse sind in 4 Buchbänden und auch elektronisch veröffentlicht (siehe <http://www.euceet.utcb.ro/>). Das Projekt ist direkt an die Tätigkeit der Assoziation AECEF angebunden, die im Jahre 1992 an der Bauakultät der TU Prag gegründet wurde.

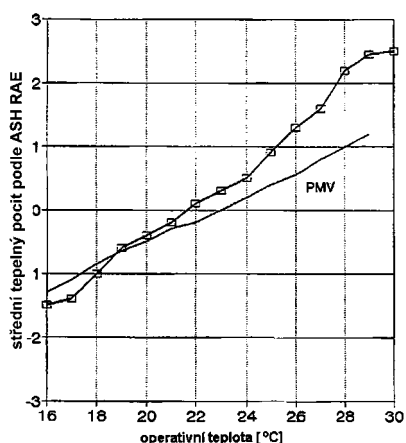
Experimentální stanovení optimálních teplot v interiéru

prof. Ing. Miloslav JOKL, DrSc.
doc. Ing. Karel KABELA, CSc.
ČVUT – Fakulta stavební
Praha

Rozpory, ke kterým docházelo při aplikaci optimálních teplot stanovených na základě veličiny PMV, a nutnost stanovení použitelných hodnot pro novelizaci vládního nařízení ČR č. 523/2002 Sb. vedly k experimentální práci, jež se místo o pocity člověka opírá o fyziologickou odezvu organismu na exponující stav prostředí. Pokusy umožnily stanovit celkovou bilanci tepelně vlhkostních toků subjektů, závislost optimální operativní teploty na aktivitě subjektu a termoregulační rozmezí pro každou optimální teplotu.

Úvod

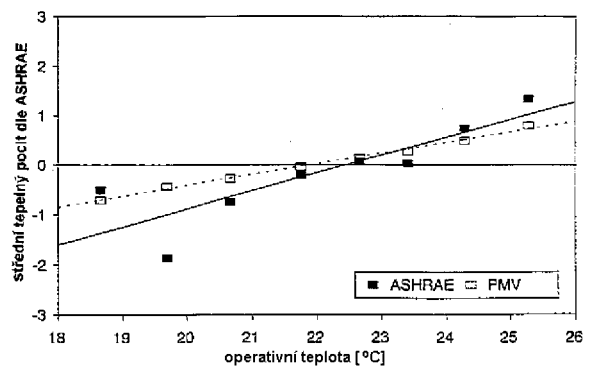
Základní podmínkou pro zdravý pobyt člověka v interiéru budov je zabezpečení optimálních tepelně vlhkostních podmínek, tj. především operativní teploty, jde-li o klidný vzduch a teplotu vzduchu blízkou teplotám okolních ploch. Optimální operativní teplota je dosud určována výpočtem z veličiny PMV – Predicted Mean Value [3], stanovené na základě pozitivních pocitů 80 % lidí v daném prostředí. Pocity člověka jsou však veličinou značně subjektivní, ovlivňovanou řadou dalších veličin mimo faktory tepelně vlhkostního mikroklimatu, např. barevností prostředí a náladou člověka. Navíc, jak vyplývá ze způsobu experimentálního stanovení PMV [6], [15], platí pouze pro nejužší neutrální oblast. Čím více se od ní vzdalujeme, tím více se skutečné hodnoty s hodnotami PMV rozcházejí (obr. 1). Především pak hodnoty po-



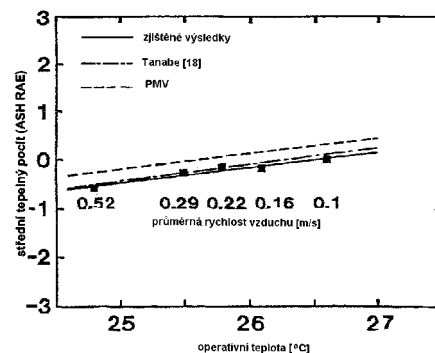
Obr. 1a. Porovnání pocitů člověka [1] s hodnotami stanovenými na základě indexu PMV [6] (comfort vote = pocity člověka podle stupnice ASHRAE, indoor temperature = globe teplota interiéru). Aktivita $80 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$, oděv $0,64$ až $0,82 \text{ clo}$.

dle normy [3] se ukázaly být v praxi nepoužitelné – čím vyšší aktivita člověka, tím větší rozpor. Pocity člověka (podle stupnice ASHRAE) vůči operativní teplotě při různé rych-

losti vzduchu jsou porovnány na obr. 2. Každý bod reprezentuje průměr údajů 32 subjektů (korelační součinitel 0,97). Pro porovnání jsou uvedeny výsledky dřívějších experimentů s 172 japonskými subjekty [16] a vypočítaná přímka hodnot PMV.



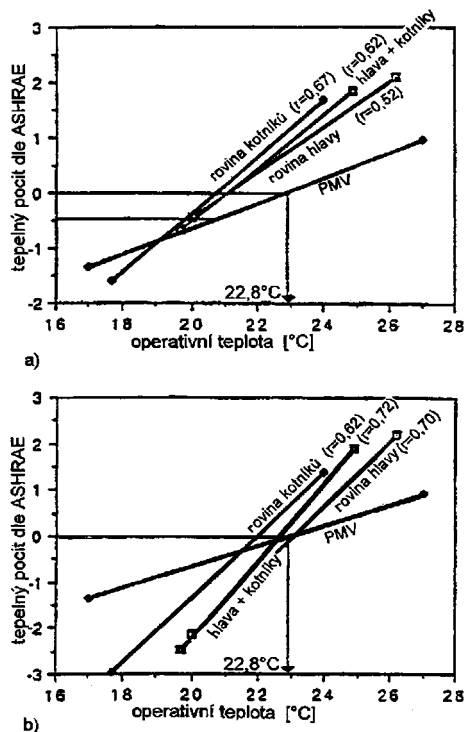
Obr. 1b. Porovnání pocitů člověka [1] s hodnotami stanovenými na základě indexu PMV [15]. Aktivita $70 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$, oděv $0,78 \pm 0,21 \text{ clo}$. Teplota stěn se rovná teplotě vzduchu.



Obr. 2. Porovnání pocitů člověka [1] s hodnotami stanovenými na základě indexu PMV pro japonské univerzitní studenty při různé rychlosti vzduchu. Aktivita 1 met , oděv $0,6 \text{ clo}$, $rh = 0,55 \%$ [16]

Zajímavé jsou také výsledky experimentů z univerzity v Readingu [2], neboť berou v úvahu otevírání dveří a oken, tj. výměnu vzduchu (obr. 3). Při zavřených oknech a dveřích byly střední tepelné pocity na straně tepla od neutrálního stavu, při otevřených se rozptýl těchto hodnot zvětšil, zatímco hodnoty PMV byly stále stejné. Z pokusů je zřejmé, že PMV podhodnocuje pocity lidí při zavřených oknech a dveřích, tj. při malé výměně vzduchu, a podhodnocuje kolísání pocitů při velké výměně vzduchu. Hlavní příčiny:

- predpoklad stacionárních podmínek při odvozování rovnice pro PMV;
- přílišné zjednodušení stanovení metabolické produkce (aktivity) osob (lidé zřídka sedí bez občasného pohybu v prostoru po dlouhou dobu, např. hodinu);
- nadhodnocení hodnot clo oděvu hodnotami PMV.



Obr. 3. Porovnání pocitů člověka (podle ASHRAE) s hodnotami stanovenými na základě indexu PMV při různé výměně vzduchu. Aktivita 1,2 met, hodnota clo určena neutrální teplotou 22,8 °C, rh = 40–55 %, radiační teplota rovná teplotě vzduchu [2].
a – okno a dveře zavřeny, b – okno a/nebo dveře otevřeny

PMV tedy nadhodnocuje neutrální operativní teplotu asi o 2 K a podhodnocuje požadavky na komfort, jestliže teplota vzduchu se vzdaluje od neutrality [2]. Podle Humphreys a Nicol [7] je pravděpodobné, že chyba při formulaci rovnice PMV je způsobena:

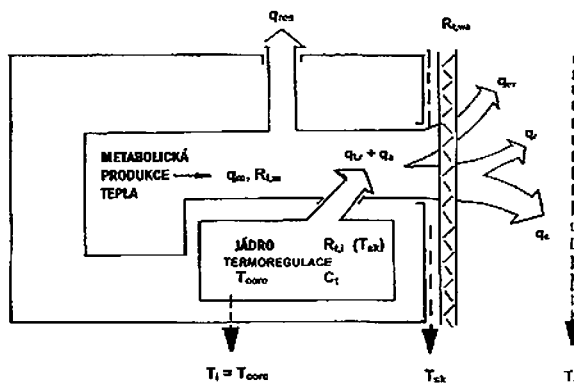
- *aproximací stacionárního stavu.* PMV, podobně jako ostatní tepelné indexy, je dáno stacionární rovnicí pro sdílení tepla a lze je jen přibližně aplikovat na práci v administrativě. Nedávný výzkum ukazuje, že mezi administrativními pracovníky teplota prstů na ruce se rychle značně mění indikující, že dochází ke kontinuálním proměnlivým tokům tepla [9]. Z toho je zřejmé, že nejde o tepelný stav ustálený, ale dynamicky kolísající. To se týká většiny jiných indexů navržených jako kritéria tepelné pohody, resp. úrovně tepelně vlhkostního mikroklimatu vůbec. Tyto indexy, vylučující termoregulaci, nemohou tudíž vystihnout skutečný stav;

- *nepřesným numerickým stanovením stacionárního stavu.* Většina indexů má chyby v číselných hodnotách, použitých v rovnicích, jako jsou součinitele transferu tepla konvekcí a radiací, teplota pokožky a množství vylučovaného potu v neutrálním stavu člověka. Ty se pak podílejí na výsledných tvarech rovnic. K tomu přistupují číselné chyby dané koncepčním zjednodušením. Například PMV sice vychází při svém stanovení z vypočtené teploty pokožky a produkce potu, ale změny vůči neutrálnímu stavu vycházejí pouze z hypotetické tepelné zátěže. Důsledkem je, že stejné tepelné stavy lidského organismu v různém prostředí jsou popisovány nikoli stejnými, ale různými hodnotami PMV.

Tyto skutečnosti pak vedou mimo jiné k zásadnímu závěru, že z rovnic PMV nelze stanovit termoregulační rozmezí lidského organismu. Proto byl učiněn pokus o stanovení optimálních teplot na základě jeho fyziologické odezvy.

Matematický model fyziologické odezvy organismu

Produkcí tepelného toku u člověka a jeho rozdělení během tepelné výměny s okolím na jednotlivé složky lze znázornit schématem na obr. 4, kde q_m představuje metabolické teplo ($M - W$), q_{res} respirační teplo, $q_{ev} = q_{ev,d}$ evaporační teplo, tj. měrný tepelný tok ve směru tepelných gradientů [11]. Dále q_{res} a $q_{ev,ins} = q_{ev,d}$ jsou složky tepelného toku vystupující z organismu dýcháním a zvlhčováním pokožky (difúzí), nachází-li se subjekt v tepelně neutrální zóně. Tok q_{dry} představuje složku vystupující z organismu přes vrstvu oděvu s tepelným odporem $R_{t,wa}$ ($q_{dry} = q_r + q_c$, kde $q_r = R$ je radiační a $q_c = C$ konvekční teplo). Regulační proces v neutrální zóně využívá jako akční člen mechanismus vasodilatace a vazokonstrikce, zejména povrchových tkání, a mění tak vnitřní tepelný odpor člověka $R_{t,i}$ v cestě termoregulačního a adaptačního toku $q_{tr} + q_a$ směrem k povrchu pokožky. Tepelný tok $q_{tr} + q_a$ reguluje okamžitou teplotu pokožky při interakci člověka s vnějším prostředím, q_{tr} je okamžitou reakcí organismu na změnu mikroklimatu, q_a je posuvem této reakce způsobenou adaptací organismu na teplo nebo chlad (léto nebo zimu). Tok $q_{tr} + q_a$, jenž může být kladný (směřující do organismu), nebo záporný (směřující ven z organismu), je přechodový, tj. nestacionární, tranzientní tok tepla, neboť i v neutrální zóně dochází při termoregulaci k nestacionárnímu tepelnému ději, jež na rozdíl od zóny hypertermie a hypotermie lze nazvat „kvasistacionární“. Časové charakteristiky každého nestacionárního děje určuje, kromě tepelných odporů $R_{t,wa}$ a $R_{t,i}$, též tepelná kapacita lidského těla C_t . Transfer tepla mezi člověkem a okolím je charakterizován teplotou pokožky T_{sk} , teplotou jádra T_{core} , a globetepotou okolního prostředí T_g . Změny vnitřního tepelného odporu $T_{t,i}$ určují i změny termoregulačního a adaptačního toku $q_{tr} + q_a$ potřebného k udržení teploty T_{sk} v oblasti fyziologických hodnot při konstantní hodnotě jádra, udržované vnitřní regulací na hodnotě $T_i = T_{core} = 36,7 (\pm 0,4) ^\circ C$.



Obr. 4. Celková produkce tepelného toku a jeho rozdělení na složky během tepelné výměny s okolním prostředím

Bilanci tepelných toků, uvedených v modelu na obr. 4, lze vyjádřit rovnicí pro tepelný tok na rozhraní člověka a prostředí. Pro zanedbatelnou tepelnou ztrátu kondukcí bude $[W \cdot m^{-2}]$

$$q_{dry} = \frac{1}{R_{t,wa}} (T_g - T_{sk}) = q_m - q_{res} - q_{ev} + q_{tr} + q_a = q_i - q_{sw},$$

$$\text{kde } q_{ev} = q_{ev,ins} + q_{ev,sens} = q_{ev,ins} + q_{sw},$$

$$q_m - q_{res} - q_{ev,ins} = q_i,$$

$$q_{sw} = 0,6 (q_m - 58,14). \tag{1}$$

Toto množství vyloučeného pocífovaného, ale většinou neviditelného potu, bylo zjištěno měřením (vážením) během experimentů jako střední hodnota pro celý uvažovaný rozsah.

Tok uvnitř lidského těla vyjadřuje vztah $[W \cdot m^{-2}]$

$$q_m - q_{res} + q_{tr} + q_a = G_{t,i} (T_i - T_{sk}) = (1/R_{t,i}) (T_i - T_{sk}), \quad (2)$$

kde $G_{t,i}$ je celková vnitřní tepelná vodivost, pro kterou platí $[W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}]$

$$G_{t,i} = (q_m - q_{res}) (T_i - T_{sk}) + (q_{tr} + q_a) (T_i - T_{sk}) = G_{t,m} + G_{t,i}, \quad (3)$$

kde $G_{t,m}$ lze nazvat metabolickou tepelnou vodivostí a $G_{t,i}$ vnitřní tepelnou vodivostí.

Termoregulační a adaptační tepelný tok $q_{tr} + q_a$ ovlivňuje především teplotu pokožky T_{sk} . Velikost vnitřního tepelného odporu $R_{t,i} = 1/G_{t,i}$, charakterizujícího proces vasodilatace a vasokonstrikce, lze stanovit ze vztahu $[W^{-1} \cdot m^2 \cdot K]$

$$R_{t,i} = (T_i - T_{sk}) / (q_{tr} + q_a). \quad (4)$$

Stanovení parametrů matematického modelu

V klimatické komoře dlouhodobě probíhal experiment umožňující identifikovat parametry v rovnicích (1) až (4). Jako pokusné osoby sloužili studenti – každý z nich absolvoval šest asi tříhodinových pokusů při čtyřech úrovních fyzické aktivity:

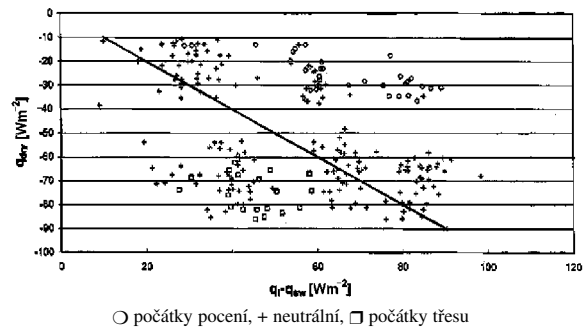
- sezení v křesle,
- sezení na bicyklovém ergometru bez šlapání,
- šlapání na bicyklovém ergometru se zátěží 40 W,
- šlapání na bicyklovém ergometru se zátěží 1 W/kg tělesné hmotnosti (tak dlouho, jak byl subjekt schopen).

Metodou nepřímé kalorimetrie se během každé aktivity měřila produkce metabolického tepla. Současně se měřila střední teplota pokožky, puls a ztráta vody během pokusu. Subjekty byly oblečeny do dvou druhů oděvů – lehkého (pyžama) a těžšího dobře izolovaného (speciálního přetlakového oděvu pro piloty tryskových letadel). Teplota vzduchu při všech pokusech byla rovná teplotě stěn. Bylo zvoleno 11, 14, 17 a 26, 29, 32 °C s ohledem na dolní a horní mez neutrální zóny (začátek pocení = kritérium horní meze, začátek třesu = kritérium dolní meze; případné psychogenní pocení nebylo uvažováno). Původně zvolené teploty 8, 11, 14, 17, 20, 23, 26, 29, 32 °C nebyly nutné, proto byly zredukovány. Relativní vlhkost vzduchu byla udržována v komfortním rozmezí (daném parciálním tlakem vodních par 700 až 1 850 Pa). Počátek zjevného pocení (příznaky potu na čele) a třesu určoval vždy týž pozorovatel. Pokusy probíhaly ve všech ročních obdobích, takže bylo možné se pokusit o zachycení vlivu sezónní adaptace na velikost maximálního a minimálního termoregulačního toku, tj. stanovit adaptační teplo. Ukázalo se však, ve shodě s jinými autory [5], že je zanedbatelné [13] a nepřesahuje 0,2 °C (menší než chyba vznikající při měření teplot během experimentu). Měření probíhala vždy po dobu, kdy termoregulační tok bylo možno považovat za konstantní – měření nevyhovující této podmínce nebyla zahrnuta.

Sestrojení grafu

Naměřené hodnoty byly vyneseny do grafu $q_{dry} = f(q_i - q_{sw})$, kde platí pro optimální hodnoty rovnice přímky rovnováha (obr. 5) $-q_{dry} = q_i - q_{sw}$. Jeho použití v praxi je mizivé, běžně potřebujeme znát závislost $T_g = f(q_m)$. Lineární závislost

z obr. 5 byla proto přenesena do grafu na obr. 6, a to proložením regresní přímky body vymezenými v obr. 5 vztahem $-q_{dry} - (q_i - q_{sw}) = \pm 4,8 W \cdot m^{-2}$. Tato hodnota, určující body



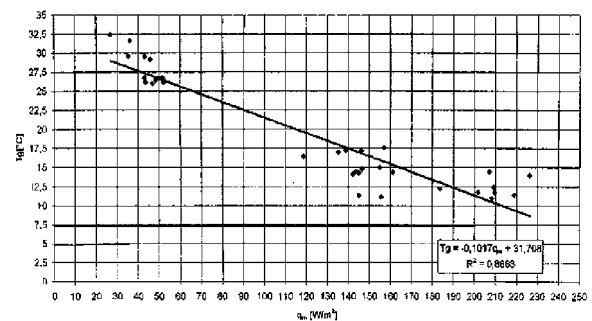
Obr. 5. Graf závislosti $q_{dry} = f(q_i - q_{sw})$ pro oděv 0,5 clo s naměřenými hodnotami. Optimální hodnoty leží na přímce $-q_{dry} = q_i - q_{sw}$

pro proložení regresní přímky, je minimální termoregulační teplo, tj. při maximální vasokonstrikci. Lze je stanovit z nejmenší hodnoty vnitřní tepelné vodivosti lidského těla (obr. 7), jež je $9,07 W \cdot m^{-2} \cdot K$ (při teplotě jádra těla $T_i = 36,6$ °C, teplotě pokožky $T_{sk} = 30,5$ °C a $q_m = 45,7 W \cdot m^{-2}$).

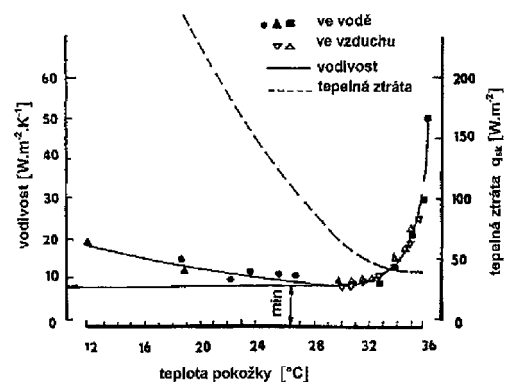
$$q_{tr,min} = G_{t,i,min} (T_i - T_{sk}) = 1,57 (36,6 - 30,5) = 9,6 W / m^2, \text{ tj. } \pm 4,8,$$

$$\text{kde } G_{t,i,min} = G_{t,i} - G_{t,m,min} = 9,07 - 7,5 = 1,57 W / m^2 \cdot K,$$

$$G_{t,m,min} = \frac{q_m}{T_i - T_{sk}} = \frac{45,7}{36,6 - 30,5} = 7,5 W / m^2 \cdot K.$$



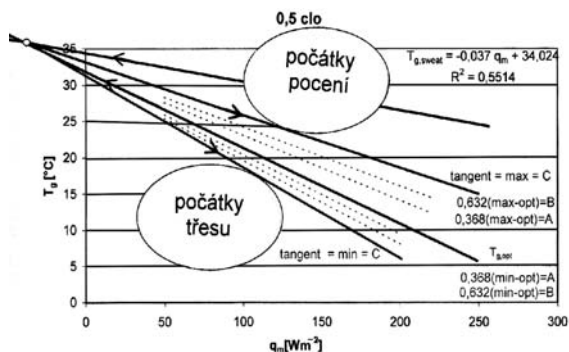
Obr. 6. Graf závislosti $T_g = f(q_m)$ pro optimální hodnoty přenesené z grafu na obr. 5 v rozmezí $-q_{dry} - (q_i - q_{sw}) = \pm 4,8$, kde hodnota $\pm 4,8 W \cdot m^{-2}$ je minimální termoregulační teplo



Obr. 7. Tepelná vodivost $G_{t,i}$ a tepelná ztráta lidského organismu v závislosti na teplotě pokožky T_{sk} pro odpočívající subjekt během dne [10]

Stanovení termoregulačních rozmezí

Proložení regresní přímky body počátků pocení lze stanovit termoregulační rozmezí v nejširším slova smyslu, tj. od optima až po začátek zjevného pocení. Pro oblast komfortu je však třeba volit hodnoty nižší, kdy ještě k zjevnému pocení nedochází. Tato oblast je dána polem mezi přímkou optima a tečnou z pólu (průsečík regresní přímky počátku pocení a přímky optima) k množině bodů jednak počátku pocení, jednak třesu (obr. 8). Tyto tečny jsou zřejmě analogií termoregulačního rozmezí kategorie C podle CR 1752–1998.



Obr. 8. Stanovení termoregulačních rozmezí

Pro stanovení termoregulačního rozmezí kategorie A a B je nutno si uvědomit, že lidský organismus je v daném prostředí termoregulačním mechanismem, který změny operativní teploty v daném prostředí vyrovnává termoregulačními toky v organismu pro udržení jeho tepelné rovnováhy, a to ve třech úrovních, obdobně jako je tomu u technologických mechanismů:

- úrovní A, odpovídající časové konstantě $0,368 \Delta T_{o,ir,max}$,
- úrovní B, odpovídající časové konstantě $0,632 \Delta T_{o,ir,max}$,
- úrovní C (obr. 9), odpovídající časové konstantě $1,000 \Delta T_{o,ir,max}$

Úroveň A je určena pro interiéry s nejnáročnějšími požadavky a lze jí celoročně dosáhnout jen v uměle vytvořeném, tj. klimatizovaném prostředí. Úroveň C platí pro interiéry s nejnižšími požadavky, bez klimatizace, jen s přirozeným větráním. Úroveň B pokrývá zbytek a vyžaduje klimatizaci jen v některých případech.

Časová konstanta podle teorie regulace charakterizuje odezvu systému (organismu člověka) na změnu operativní teploty a je determinována součinem tepelného odporu systému R a jeho tepelné kapacity C ,

tj.

$$\text{časová konstanta} = R \cdot C,$$

$$\text{kde } R = R_{it} + R_{twa} \text{ [W}^{-1} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{K}]$$

tj. pro oděv 0,5 clo

$$= R_{it} + 0,206 = \frac{q_{ir}}{36,6 - 32} = 0,206 + 0,22 q_{ir} = 0,206 + 0,22 \frac{\Delta T_{o,ir}}{0,206} = 0,206 + 1,06 \Delta T_{o,ir} \text{ [W}^{-1} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{K}]$$

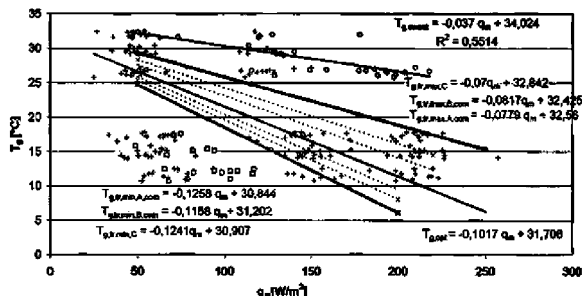
$$\text{a pro standardního člověka (175 cm, 75 kg, 1,9 m}^2) = 0,39 + 2,0 \Delta T_{o,ir} \text{ [W}^{-1} \cdot \text{K}]$$

$$C = \frac{58,2}{60 m} = \text{[W} \cdot \text{h} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}] \text{ a pro standardního člověka (m = 75 kg)} = \frac{58,2}{60 \cdot 75} = 0,013 \text{ [W} \cdot \text{h} \cdot \text{K}^{-1}].$$

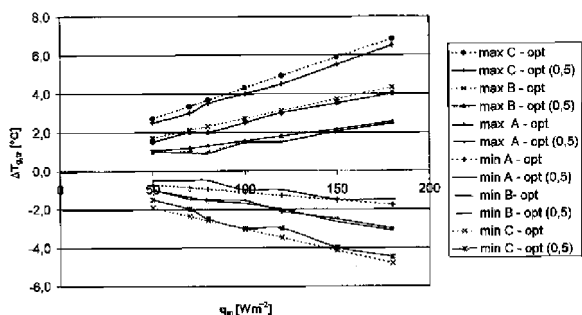
$$\text{Tudíž časová konstanta} = R \cdot C = (0,39 + 2,0 \Delta T_{o,ir}) \cdot 0,013 = 5,07 \cdot 10^{-3} + 26,010^{-3} \Delta T_{o,ir} \text{ [h]} =$$

$$= 0,304 \Delta T_{o,ir} + 1,56 \text{ [min]}.$$

Například pro nejčastější změnu $\Delta T_{o,ir} = 2 \text{ }^\circ\text{C}$ bude časová konstanta cca dvě minuty, tzn. podstatná doba odezvy organismu na tuto změnu je asi dvě minuty. Termoregulační změny teplot jsou uvedeny i v grafu na obr. 10, a to jednak přenesené z grafu na obr. 9, jednak zaokrouhlené pro praxi na $0,5 \text{ }^\circ\text{C}$, a souborně také v tab. 1.



Obr. 9. Graf závislosti $T_s = f(q_m)$ s regresní přímkou počátků pocení a termoregulačním rozmezím na úrovni A, B a C pro teplotu (směrem k počátkům pocení) a chlad (směrem k počátkům třesu)



Obr. 10. Termoregulační změny teplot přenesené z grafu na obr. 7 (pro praxi zaokrouhlené na $0,5 \text{ }^\circ\text{C}$, viz též tab. 1)

Porovnání optimálních teplot a termoregulačních rozmezí s předpisy

Výsledné optimální teploty a jejich termoregulační rozmezí byly porovnány s hodnotami předepsanými jednak standardem ISO 7730 Mírné tepelné prostředí (Moderate Thermal Environments ISO 7730-1984 (E)), CR (1752) (1998) a ISO/DIS 7730 (2003), ANSI/ASHRAE Standard 55-2004. Porovnání operativních teplot s hodnotami CR 1752 a ISO/DIS 7730 (2003) je uvedeno v tab. 2, graficky na obr. 11, kde jsou vyneseny optimální operativní teploty jednak podle ISO 7730, jednak podle našich výsledků. Shodují se hodnoty pro $50 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$, $70 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ a $80 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$, další hodnoty se již

Tab. 1. Optimální operativní teplota a termoregulační rozmezí v závislosti na q_m

Teplota [°C]	q_m [W·m ⁻²]						
	50	70	80	100	120	150	180
sweat	32,2	31,4	31,1	30,3	29,6	28,5	27,4
opt	5,6	6,8	7,5	8,8	10,1	12	14
opt (0,5)	5,5	6,5	7	8,5	10	12	13,5
max	29,3	27,9	27,2	25,8	24,4	22,3	20,2
C – opt	2,7	3,4	3,7	4,3	4,9	5,9	6,8
C – opt (0,5)	2,5	3	3,5	4	4,5	5,5	6,5
B (0,632)	28,3	26,7	25,9	24,3	22,6	20,2	17,7
B – opt	1,7	2,1	2,3	2,7	3,1	3,7	4,3
B – opt (0,5)	1,5	2	2	2,5	3	3,5	4
A (0,368)	27,6	25,8	24,9	23,1	21,3	18,6	15,9
A – opt	1	1,2	1,4	1,6	1,8	2,2	2,5
A – opt (0,5)	1	1	1	1,5	1,5	2	2,5
opt	26,6	24,6	23,6	21,5	19,5	16,5	13,4
min A(0,368)	25,9	23,7	22,6	20,4	18,2	14,9	11,6
min A – opt	-0,7	-0,9	-1	-1,1	-1,3	-1,5	-1,8
min A – opt (0,5)	-0,5	-0,5	-0,5	-1	-1	-1,5	-1,5
min B (0,632)	25,4	23,1	21,9	19,6	17,3	13,8	10,4
min B – opt	-1,2	-1,5	-1,6	-1,9	-2,2	-2,6	-3,1
min B – opt (0,5)	-1	-1	-1,5	-1,5	-2	-2,5	-3
min	24,7	22,2	21	18,5	16	12,3	8,6
C – opt	-1,9	-2,4	-2,6	-3	-3,5	-4,2	-4,8
C – opt (0,5)	-1,5	-2	-2,5	-3	-3	-4	-4,5

Tab. 2. Porovnání operativních teplot s hodnotami CR 1752 a ISO/DIS 7730 (2003) v kategoriích A, B, C (0,5 clo, 1,2 met, 70 W·m⁻²)

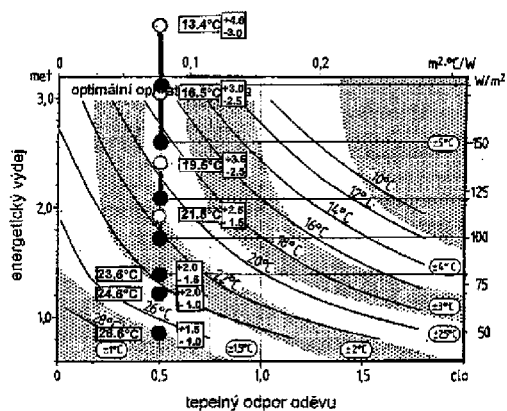
Kategorie	CR + ISO/DIS	Jo/Ka
A – klimatizace	24,5 ± 1,0	24,6 + 1,0 – 0,5
B – klimatizace + přirozené větrání	24,5 ± 1,5	24,6 + 2,0 – 1,0
C – přirozené větrání	24,5 ± 2,5	24,6 + 3,0 – 2,0

rozcházejí, a to tím více, čím je větší energetický výdej. Tato skutečnost odpovídá pokusům, na základě kterých byla hodnota PMV vytvořena, tj. pro sedící subjekt v neutrálním pásmu. Porovnání zjištěných optimálních operativních teplot s hodnotami ISO a ANSI/ASHRAE je v tab. 3 a na obr. 12. Pro nízké aktivity je opět zřejmá shoda (graf vychází z ISO 7730).

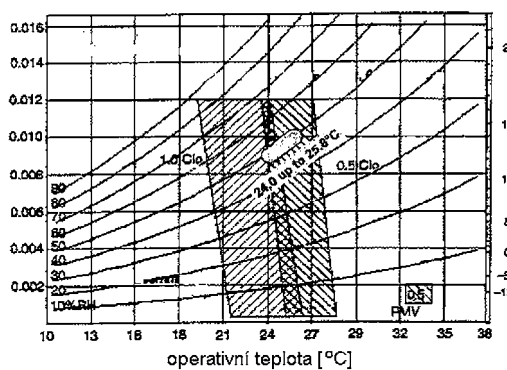
Tab. 3. Porovnání zjištěných operativních teplot s hodnotami ISO a ANSI/ASHRAE (oděv 0,5 clo)

q_m	[W·m ⁻²]	50	70	80	100	120	150	180						
	[met]	0,86	1,2	1,38	1,72	2,07	2,59	3,1						
Jo/Ka [°C] (B)		1,5	2	2	+2,5	+3,0	+3,5	+4,0						
		26,6	-1	24,6	-1	23,6	-1,5	21,5	-1,5	19,5	-2,0	16,5	-2,5	13,4
ISO 7730 (1984)		26,6±1,5	24,5±1,5	23,6±2	22,3±2	20,6±2,5	18,5±2,5	16,4±2,5						
CR 1752, ISO/DIS 7730 (2003) [°C] (B)		-	24,5±1,5	23,5±2	-	-	-	-						
ANSI/ASHRAE 55 (1992)		-	24,5	23,7	22,2	20,6	18,2	16						
$T_{o \text{ active}} = T_{o \text{ sedentary}} - 4,5 \text{ (met -1,2)} [°C]$		-	24,5	23,7	22,2	20,6	18,2	16						

(B) – udávaná kategorie



Obr. 11. Porovnání optimálních operativních teplot [3] se zjištěnými hodnotami (odpovídají v grafu pouze teplotám, nikoli energetickému výdeji)



Obr. 12. Porovnání optimálních operativních teplot [1] se zjištěnými hodnotami

Diskuse

Nelze trvale vycházet z optimálních operativních teplot určených výpočtem z veličiny PMV ze sedmdesátých let minulého století, stanovených na základě pozitivních pocitů většiny lidí sedících v daném prostředí, ale pokusit se o nový způsob stanovení optimálních operativních teplot, opírajících se o fyziologickou odezvu lidského organismu na dané prostředí. Nejen experimentální práce [6], ale především aplikace hodnot podle ISO 7730 [3] v praxi upozornily na rozpor se skutečností, a to tím větší, čím je větší aktivita člově-

ka. Proto pro nový závazný předpis České republiky [14] byly vzaty v úvahu hodnoty opírající se o fyziologickou odezvu organismu, prezentované v tomto článku. Skutečnost, že k adaptaci na teplo a chlad u člověka (zřejmě v důsledku širého uplatňovaného vytápění a chlazení budov a dopravních prostředků) nedochází, vedla také k odstranění optimálních hodnot pro léto a zimu, optimální hodnoty po celý rok se liší pouze oděvem.

Výsledky

Matematický model na obr. 4 stanoví podrobně úlohu jednotlivých tepelně vlhkostních toků produkovaných jednak člověkem, jednak prostředím. Má-li organismus zůstat homiotermním (s konstantní teplotou jádra těla), musí být tyto toky ve vzájemné rovnováze – tato rovnováha je pak základem pro stanovení optimální operativní teploty (obr. 5). V praxi je sestavování celkové tepelné bilance nemyslitelné, lze ji však nahradit závislostí operativní teploty na aktivitě člověka (obr. 6), přenesené z grafu na obr. 5. Počátky pocení a počátky třesu získané při experimentu umožňují stanovit i termoregulační rozmezí k optimálním teplotám (obr. 8). Regresní přímkou počátku pocení v průsečíku s přímkou optimálních teplot dává pól kolineace, ze které tečna k množině počátků pocení je horní hranicí termoregulace v teplém prostředí (úroveň – C_{max}), tečna k množině počátků třesu je dolní hranicí termoregulace v chladném prostředí (úroveň – kategorie C_{min}). Pro stanovení úrovně – kategorie A a B lze využít skutečnosti, že jsou vytvářeny termoregulačním mechanismem člověka, a aplikovat časovou konstantu z teorie technických regulačních systémů (obr. 9). Z porovnání s dosavadními zkušenostmi je zřejmé, že úroveň kategorie A je možné aplikovat na budovu s klimatizací, úroveň kategorie C na budovy přirozeně větrané. Tím dochází i ke splynutí dvou separátních, dosud používaných systémů – pro klimatizované budovy (založeném dosud na PMV) a pro budovy přirozeně větrané (založeném na průměrné měsíční venkovní teplotě). Získané výsledky byly porovnány s hodnotami předepsanými standardy ISO 7730, CR (1752) (1998), ISO/DIS 7730 (2003) (tab. 2, tab. 3) a ANSI/ASHRAE Standard 55-2004 (tab. 3). Umožnily novelizaci vládního nařízení č. 523/2002 Sb., a to v té části, kde jsou závazně předepsány mikroklimatické podmínky pracovišť pro Českou republiku.

Literatura

- [1] ANSI/ASHRAE Standard 55-2004. Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy.
- [2] Croome, D. J. – Gan, G. – Abwi H. B.: Evaluation of Indoor Environment in Naturally Ventilated Offices. In: Research on Indoor Air Quality and Climate. CIB Proceedings, Publication 163, Rotterdam, 1993.
- [3] EN ISO 7730 Moderate Thermal Environment.
- [4] European Technical Report CR 1752-1998 Ventilation for Buildings: Design Criteria for the Indoor Environment.
- [5] Fanger, P. O.: Thermal Comfort. Copenhagen, Danish Technical Press 1970.
- [6] Fishman, D. S. – Pimbert, S. L.: Survey of the Objective Responses to the Thermal Environment in Offices. In: Indoor Climate (eds P. O. Fanger and O. Valbjorn). Copenhagen, Danish Building Research Institute, 1979: 677–698.
- [7] Humphreys, M. A. – Nicol, J. F.: Effects of Measurement and Formulation Error on Thermal Comfort Indices in the ASHRAE Database of Field Studies. ASHRAE Transactions 106 (2), 2000: pp. 493–502.
- [8] Humphreys, M. A. – Nicol, J. F.: Conflicting Criteria for Thermal Sensation within the Fanger Predicted Mean Vote Equation. CIBSE/ASHRAE Joint National Conference Proceedings, Harrogate, UK, Vol. 2, 1996, pp. 153–158.
- [9] Humphreys, M. A. – Nicol, J. F.: An Analysis of Some Observations of Finger-Temperature and Thermal Comfort of Office Workers. Edinburgh, Indoor Air 1999.
- [10] Itoh, S. – Ogata, K. – Yoshimura, H.: Advances in Climatic Physiology. IGATU SHOIN LTD. Tokyo 1972; Berlin, Heidelberg, New York, Springer Verlag 1972.
- [11] Jokl, M.V.: Microenvironment: The Theory and Practice of Indoor Climate. Illinois, Thomas 1989.
- [12] Jokl, M.V. – Moos, P. – Štverák, J.: The Human Thermoregulatory Range within the Neutral Zone. *Physiol. Res.* 41, 1992:227–236.
- [13] Jokl, M.V. – Moos, P.: Die Warmeregulierungsgrenze des Menschen in neutraler Zone. *Bauphysik* 14, 1992, 6:175–181.
- [14] Nařízení vlády č. 523/2002 Sb., kterým se mění nařízení vlády č. 178/2001 Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zaměstnanců při práci.
- [15] Newsham, G. R. – Tiller, D. K.: A Field Study of Office Thermal Comfort Using Questionnaire Software. National Research Council Canada, Internal Report, No. 708, Nov. 1995.
- [16] Tanabe, S.-I. – Kimura, K.-I. – Hara, T. – Akimoto, T.: Effects of Air Movement on Thermal Comfort in Air-Conditioned Spaces during Summer Season. *Journal of Architecture, Planning and Environmental Engineering* 1987, 382: 20–30.

Jokl, M. – Kabele, K.: Experimental Determination of Optimal Temperatures in the Interiors

Contradictions which occurred in the application of optimal temperatures based on the PMV value, as well as the necessity to determine applicable values for the amendment to the Czech government decree No. 523/2002 led to experimental work which, instead of relying on human feelings, rests on the physiological response of the organism to the exposing condition of the environment. Experiments facilitated to determine the overall balance of heat moisture flows of subjects, dependence of the optimal operative temperature on the subject's activity and the thermoregulation interval for each optimal temperature.

Jokl, M. – Kabele, K.: Experimentelle Bestimmung der optimalen Temperaturen im Innern

Die Widersprüche, zu denen es bei der Anwendung von aufgrund der Größe PMV festgelegten optimalen Temperaturen gekommen ist, und die Notwendigkeit der Festlegung anwendbarer Werte für die Novellisierung der Verordnung der Regierung der Tschechischen Republik Nr. 523/2002 Slg., haben zu einer Versuchsarbeit geführt, die sich anstelle der Empfindungen des Menschen auf die physiologische Reaktion des Organismus auf den exponierenden Zustand des Milieus stützt. Die Versuche haben es ermöglicht, eine Gesamtbilanz der Wärme-Feuchtigkeitsströmungen der Subjekte, die Abhängigkeit der optimalen operativen Temperatur von der Aktivität des Subjektes und die Thermoregulierungsspanne für jede optimale Temperatur zu bestimmen.

Využití výpočetních metod při simulaci experimentálních zkoušek konstrukcí po sanaci poškozených částí

doc. Ing. Aleš FLORIAN, CSc.
Ing. Jan PĚNČÍK, Ph. D.
Ing. Lenka ŠEVELOVÁ
VUT – Fakulta stavební
Brno

Při zásahu do nosného systému v důsledku jeho sanace by mělo být samozřejmostí posouzení změn stavu napjatosti a deformace a ověření požadované mezní únosnosti. Ne vždy je možno vhodnost zvoleného řešení experimentálně ověřit. V článku jsou shrnuty možnosti a postupy umožňující simulovat potřebné zkoušky na počítači, a tím za splnění určitých podmínek časově i ekonomicky náročný výzkum na skutečných vzorcích zčásti nahradit a v každém případě vhodně doplnit. Simulovány jsou zatěžovací zkoušky mezní únosnosti železobetonového nosníku s dílčím odtížením namáhaného čtyřbodovým ohybem.

Úvod

Po dvou stoletích používání a zdokonalování betonu, po snahách širšího využití alternativních pojiv, po období úvah a prognóz o stagnaci ve využívání tohoto materiálu se ukázalo, že dominantní postavení betonu jako stavebního materiálu se nemění. Naopak, dochází k jeho soustavnému zkvalitňování, vylepšování užitných vlastností i k rozvoji technologie výroby. Tím se nabízejí i nové a širší možnosti použití betonu v důsledku schopnosti plnit i extrémní statické a funkční požadavky. Neméně podstatné je i hledisko ekologické a ekonomické vzhledem k možnosti recyklace betonu.

Přes veškerý vývoj a inovace, kterých bylo dosaženo, zůstává zásadním problémem trvanlivost betonu. Zvláště významné je to u konstrukcí vyztužených, které jsou náchylné k degradaci vlivem koroze výztuže. Stanovení příčiny a počátku poruchy je pro včasnou a účinnou sanaci velmi podstatné, ale většina poruch stavebních konstrukcí nastává velmi pozvolně, postupným přechodem od zcela vyhovujícího stavu až k úplnému stupni porušení [1]. Při tomto procesu velmi často dochází k postupnému vzniku trhlin, které v některých případech mohou přejít až k úplnému oddělení materiálu. V oblastech vzniku trhlin a oddělení materiálu dochází k redistribuci napětí, jehož důsledkem je ve většině případů předčasný vyčerpání únosnosti prvku.

Včasnou a odborně provedenou sanací porušené oblasti, tím že se obnoví žádoucí stav napjatosti, je možné předejít závažnému poškození celé konstrukce či alespoň redukovat rozsah poruchy a zabránit jejímu dalšímu šíření. Prvořadým úkolem sanace je vhodně spojit původní materiály s novými a vytvořit takový kompozitní materiál, který zaručí, že konstrukce bude schopna plnit požadované funkce a že budou obnoveny její užité vlastnosti. Při zásahu do nosného systému by mělo být samozřejmou nutností posouzení změn stavu napjatosti a deformace, a současně pomocí přesné analýzy ověření požadované mezní únosnosti. Návrh způsobu opravy je také vhodně doplnit experimentálními zkouškami jednak k ověření účinnosti provedené opravy, ale rovněž ke kontrole spolupůsobení stávajícího a sanačního materiálu.

Ne vždy je možno experimentálně ověřovat vhodnost zvoleného řešení z důvodu časové či ekonomické náročnosti nebo z důvodu reálné nemožnosti experiment vůbec provést. V příspěvku jsou shrnuty možnosti a postupy umožňující simulovat experimentální zkoušky na počítači, a tím za splnění určitých podmínek časově i ekonomicky náročný výzkum na reálných vzorcích zčásti nahradit a v každém případě vhodně doplnit. Uvedené možnosti jsou dokumentovány na simulaci zatěžovací zkoušky mezní únosnosti železobetonového nosníku s dílčím odtížením namáhaného čtyřbodovým ohybem.

Simulace experimentálních zkoušek

Rychlý rozvoj výpočetní techniky a programového vybavení založeného na metodě konečných prvků umožňuje v současné době provádět rozsáhlé komplexní a detailní výpočty stavebních konstrukcí. Výpočetní modely, které jsou dnes nejčastěji vytvářeny jako rovinné pomocí rovinných prvků nebo jako prostorové pomocí prostorových prvků, jsou vytvářeny do nejmenších detailů (obr. 1). Při výpočtech se již také běžně uvažují jevy, které dříve nebylo možné do výpočtu zahrnout, např. nelinearity (geometrické, materiálové, konstrukční), respektování přítomnosti trhlin, reologické vlivy, kontaktní problémy, delaminace, vzájemná interakce atp. Používané výpočetní systémy jsou tedy z obecného hlediska schopny analyzovat chování konstrukcí s vysokou přesností a výstižností.

Pokud ovšem chceme analyzovat chování konstrukcí podrobněji a výstižněji, nevystačíme s výstižným modelem cho-



Obr. 1. Příklad detailních výpočetních modelů konstrukcí

vání konstrukce. Při výpočtu je totiž nutné uvážit vliv nejistot ve vstupních veličinách, které i nejméně výpočetní model skutečné konstrukce není schopen respektovat. Zdroje nejistot jsou různé a pro simulaci experimentů je lze pro naše potřeby rozčlenit do čtyř skupin, a to nejistoty vyplývající:

- ze skutečnosti, že všechny vstupní veličiny popisující rozměry a geometrii analyzované konstrukce, fyzikálně mechanické vlastnosti materiálů, zatížení, okrajové podmínky, vliv obklopujícího prostředí atd. jsou svou podstatou náhodné veličiny či náhodné procesy;
- z neúplné znalosti probíhajících jevů a procesů v konstrukci a neznalosti statistických informací o vstupních veličinách atd.;
- z nepřesnosti výpočetních postupů modelujících dílčí jevy, např. časové změny vlastností betonu a oceli, modelování vzniku a postupného rozevírání tahových trhlin, vlivu vyztužení konstrukce na fyzikálně mechanické vlastnosti betonu, betonářské výztuže, konstrukční oceli apod.;
- z konkrétní realizace experimentu, např. podepření, aplikování zatížení, umístění měřicích přístrojů a jejich kalibrace, manipulace s ověřovaným prvkem, přesnosti vyhodnocování apod.

Bez ohledu na zdroje lze nejistoty do výpočtu zahrnout pomocí numerických simulačních metod [2], [3] známých z analýzy spolehlivosti konstrukcí. Stochastický model, který takto vznikne, je pak tvořen výpočetním modelem pro analýzu konstrukce v kombinaci se simulačními metodami. Jednotlivé vstupní veličiny zatížené nejistotami jsou ve stochastickém modelu považovány za náhodné veličiny či procesy a jsou popsány příslušným rozdělením pravděpodobnosti a statistickými parametry. Použití simulačních metod vede k opakovanému řešení úlohy s vhodně generovanými vstupními veličinami. Výsledkem simulace je statistický soubor dat. Jeho dalším statistickým zpracováním se získají informace o sledovaném chování konstrukce. Z hlediska dalšího zájmu je důležité, že stochastický model je možné využít k simulování experimentálních zkoušek reálných konstrukcí.

Popis modelu

Cílem je připravit stochastický model pro simulaci experimentálních zkoušek betonových prvků a konstrukcí po provedení sanace poškozených částí, resp. prvků a konstrukcí vyrobených z progresivních materiálů využívajících druhotné suroviny. Pomocí takového modelu budeme schopni získat nástroj mj. na posouzení vlivu opravy na chování konstrukce, porovnat je se standardní neporušenou konstrukcí, resp. s konstrukcí bez provedení opravy, a zjistit, které z nejistot chování konstrukce nejvíce ovlivňují. Pod pojmem komplexní chování přitom rozumíme informaci o rozložení napětí, poměrných deformací a přetvoření v konstrukci jako celku i dílčích materiálech, informaci o závislosti těchto veličin na úrovni zatížení, o chování styku původního a sanačního materiálu, o mezní únosnosti konstrukce apod.

Připravovaný model musí respektovat principy a postupy prováděných sanací. Rozhodující je samozřejmě umístění a rozsah poškozených oblastí a případná koroze betonářské výztuže. Důležitá je také znalost historie zatěžování konstrukce, resp. zda konstrukce byla před provedením opravy odtížena. Odlišnými fyzikálně mechanickými vlastnostmi sanačního materiálu a vlivem jeho reologických změn se do původní konstrukce vnáší dodatečné napětí, které je nutné do modelu zahrnout prostřednictvím vhodně zvoleného zatí-

žení sanované oblasti. Dalším vlivem, který působí na výsledné chování konstrukce, je velikost soudržnosti původního a sanačního materiálu v místě jejich kontaktu, tj. hodnota napětí, při kterém dochází k jejich vzájemnému oddělení. Z množiny výpočetních systémů schopných respektovat tyto jevy i požadavky na stochastický model byly jako vhodné zvoleny systémy ANSYS a ATENA.

Výpočetní systém ANSYS [4], celosvětově používaný pro analýzu strojních a stavebních konstrukcí, dovoluje řešit známou šíři fyzikálních problémů popsanych metodou konečných prvků. V jednom prostředí je možné řešit strukturální analýzu, tj. statiku lineární i geometricky, materiálově a konstrukčně nelineární, dynamiku, analýzu vedení, šíření a přestupu tepla atd. Systém umožňuje řešit i sdružené úlohy, ve kterých se vzájemně prolínají různé fyzikální problémy. Je logicky rozdělen na preprocesor, řešič, postprocesor, optimalizační modul, pravděpodobnostní modul atd. K výpočtům lze použít mnoho prvků prutových, rovinných a prostorových, a rovněž i materiálových modelů. Celý systém je otevřený, tj. umožňuje uživateli přistupovat ke všem vstupním i výstupním údajům a doplňovat vlastní programy, prvky a materiálové modely.

Z hlediska možného použití k analýze betonových prvků a konstrukcí lze systému ANSYS vytknout možnost použití pouze jednoho materiálového modelu betonu, který je ovšem použitelný jen s prostorovým prvkem SOLID65. Materiálový model betonu pro analýzu rovinných konstrukcí systém neobsahuje. Výpočetní modely z prutových a rovinných prvků je možné tedy použít pouze pro lineární analýzu, např. pro návrh a kontrolu konstrukce podle normových předpisů. Pro analýzu mezní únosnosti jej není možné použít.

Výpočetní systém ATENA [5] je velmi účinný softwarový nástroj pro analýzu betonových prvků a konstrukcí. Umožňuje modelovat porušení konstrukcí trhlinami, tj. jejich vznik a postupné šíření, rozevírání nebo uzavírání v průběhu zatěžovacího procesu a zjišťovat jejich mezní únosnost.

Při analýze konstrukcí na bázi cementu, které lze zařadit mezi vícesložkové materiály, je použitý konstitutivní model rozhodující. V konečné fázi určuje, jak bude daný výpočetní model vystihovat realitu. K popisu chování betonu používá systém ATENA materiálový model SBETA. Tento model umožňuje při výpočtu zohlednit nelineární chování betonu v tlaku včetně uvažování tlakového zpevnění a změkčení, nelineární chování betonu v tahu založené na teorii lomové mechaniky, dvouosé kritérium porušení betonu, redukci tlakového betonu napětí po vzniku trhlin, efekt tahového ztuhnutí a redukci smykové tuhosti po vzniku trhlin. Při výpočtu lze použít model zpevněných nebo rozetřených trhlin.

Kromě materiálového modelu betonu ovlivňuje chování konstrukcí rovněž betonářská výztuž. K popisu reálného chování betonářské výztuže lze použít bilineární a multilinéární nelineární materiálové modely se zpevněním nebo bez něho. Současně je možné výpočtové modely rozšířit o uvažování soudržnosti mezi betonářskou výztuží a betonem.

Podobně jako ANSYS je systém ATENA přehledně rozdělen na moduly (preprocesor, řešič, postprocesor) s jednotným grafickým prostředím. K výpočtům lze v tomto systému v závislosti na typu verze použít prvky rovinné a nové i prostorové. Během výpočtu dovoluje sledovat uživatelem definovaná monitorovaná místa, resp. síly, posuny, reakce, napětí, poměrné deformace atd. Na zatěžovacím diagramu lze sledovat a kontrolovat odezvu prvků i konstrukce na přeepsanou historii zatěžování.

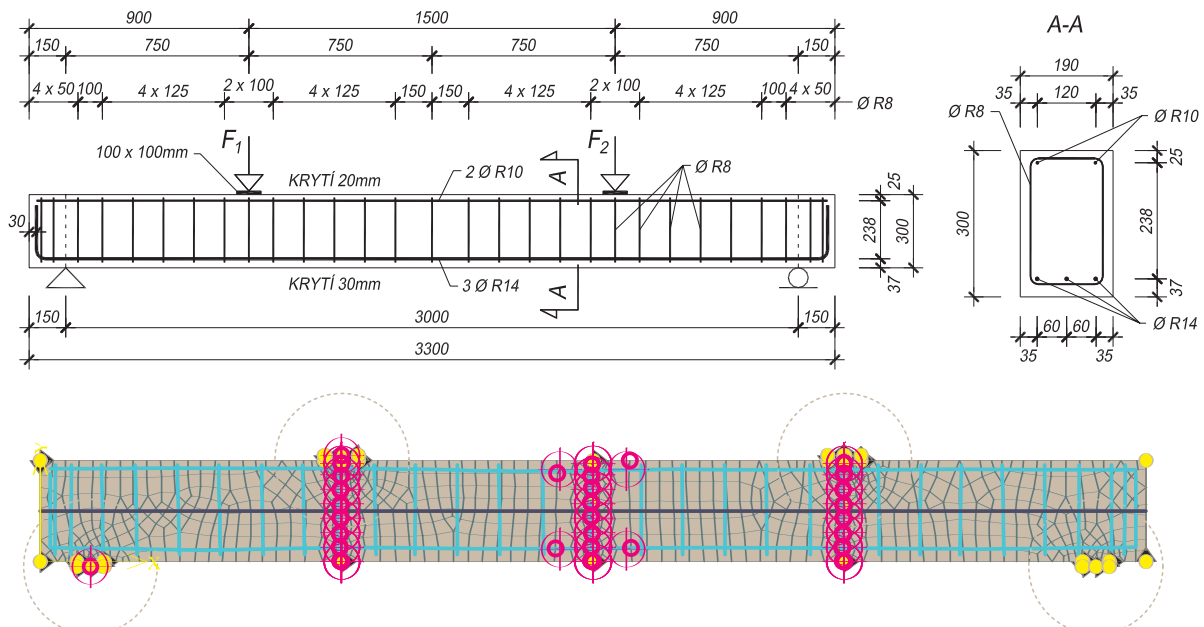
Detailním postupem vytvoření stochastického modelu pro simulaci betonových prvků a konstrukcí včetně experimentů se zabývá příspěvek [8].

Vzorová studie

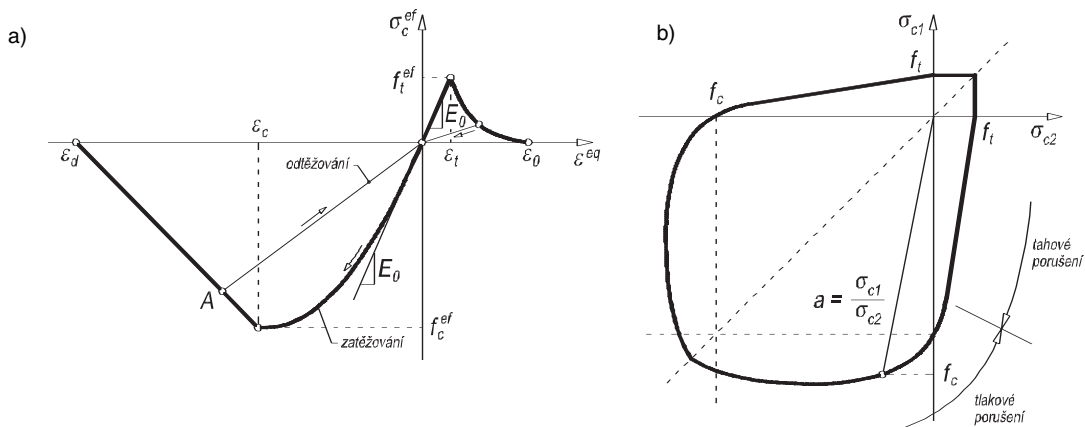
Pro dokumentování možností navrženého postupu i typu a kvality získaných informací jsou v příspěvku prezentovány ilustrativní výsledky simulace zatěžovací zkoušky mezní únosnosti železobetonového nosníku s dílčím odtižením, namáhaného čtyřbodovým ohybem, získané pomocí systému ATENA. Příklad využití systému ANSYS lze nalézt v [9], kde byl navržený postup použit při analýze krátkých konzol železobetonových sloupů jeřábové dráhy zesílených dodatečným předpětím.

parametrem definujícím geometrii nosníku je výška a šířka průřezu nosníku a jeho délka. Poloha horní a dolní betonářské výztuže v nosníku je definována pomocí šestnácti parametrů určujících v osmi úsecích, na které je nosník rozdělen, krytí horní, resp. dolní betonářské výztuže. Je rovněž respektována přítomnost smykové výztuže.

Při analýze je nosník kromě vlastní tíhy G_0 zatížen osmělymi silami F_1, F_2 působícími ve čtvrtinách rozpětí (obr. 5). Řešení je provedeno po krocích, ve kterých je nosník zatěžován, popř. odtěžován, přírůstkem síly 1 kN.



Obr. 2. Výpočetní model s vykreslenou sítí konečných prvků a s vyznačením monitorovacích bodů, řezů vnitřních sil N, V a M



Obr. 3. Materiálový model betonu SBETA

a – jednoosé namáhání, b – funkce dvouosého porušení

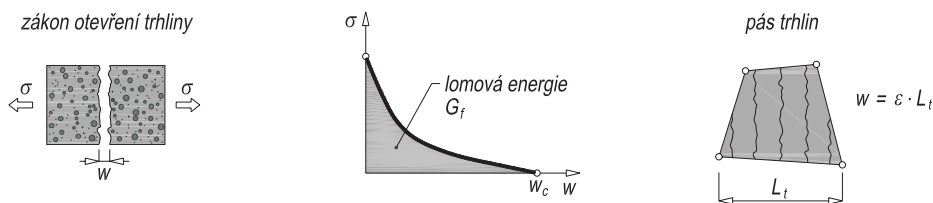
V systému ATENA je vytvořen parametrický výpočetní model železobetonového prostě uloženého nosníku (obr. 2). Pro modelování nelineárního chování betonu je použit materiálový model SBETA (obr. 3), zatímco podélná i příčná betonářská výztuž je modelována pomocí bilineárního materiálového modelu bez zpevnění. Pro popis chování betonu v tahu a modelování tahových trhlin je využita teorie lomové mechaniky a metoda zpevněných trhlin (obr. 4). Součástí výpočetního modelu je kromě základní betonové části také betonářská výztuž, a rovněž roznašecí desky uvažované v místě uložení nosníku a v místě působení zatížení. Základním

Při výpočtu jsou nosníky nejprve zatíženy na úroveň 50 kN a odlehčeny na 20 kN, následně zatíženy na 70 kN a odtíženy na 20 kN, a nakonec zatěžovány až do „porušení“, tj. z pohledu výpočetní metody k zatížení, kdy řešení diverguje.

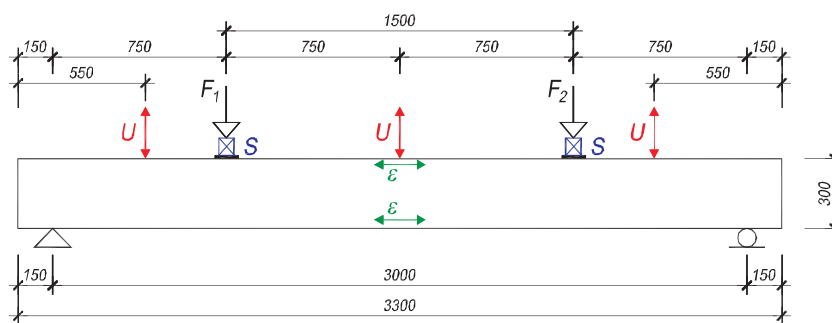
Simulace respektuje vliv nejistot ve vstupních veličinách a jejich náhodnou proměnlivost. Celkem 33 vstupních veličin (rozměry a geometrie konstrukce, fyzikálně mechanické vlastnosti materiálů, pozice podélné a smykové výztuže v konstrukci atd.) je považováno za náhodné veličiny popsané obecně tříparametrickým rozdělením pravděpodobnosti (tab. 1). Jejich náhodná proměnlivost byla stanovena velmi podrob-

ným výpočtem. U řady veličin je založena na údajích zjištěných a naměřených při experimentálním vyšetřování nosníků [6], které byly statisticky vyhodnoceny. U zbývajících veličin se vycházelo z odborného odhadu, resp. z údajů dosažitelných v literatuře [2]. Takto získané statistické parametry vstupních veličin respektují nejen jejich objektivní náhodnou proměnlivost, ale i vliv nedodržení nominálních para-

metrů na stavbě, tj. vliv činnosti člověka, a objektivní vliv vlastní neznalosti statistických parametrů v důsledku jejich nedosažitelnosti, nedostatečného experimentálního výzkumu či neznalosti historie namáhání. Předpokládá se vzájemná statistická nezávislost vstupních veličin s výjimkou modulu pružnosti a pevnosti betonu, které jsou uvažovány plně funkčně závislé.



Obr. 4. Modelování chování betonu v tahu
zákon otevření trhliny (a), lomová energie (b), šířka pásu trhlin v prvku (c)



Obr. 5. Statické zatěžovací schéma s vyznačením měřicích míst; měření posunutí U, měření sil S a měření poměrných deformací ε

Tab. 1. Statistika vstupních náhodných veličin*

Veličina	Průměr	Odchylka	Variační koeficient	Šikmost	Rozdělení
modul pružnosti betonu	25 302	3 790	0,14979	-0,5	LN
pevnost betonu v tlaku	27,800	3,25581	0,11712	0,2	LN
pevnost betonu v tahu	2,202	0,38683	0,17567	-1,0	LN
lomová energie	5,51E-05	1,48E-05	0,26925	-1,0	LN
Poissonův součinitel betonu	0,2000	0,01717	0,08584	0,0	N
objemová hmotnost betonu	2500	64,37768	0,02575	0,0	N
mez kluzu oceli R8	569,700	1,8750	0,00329	-1,0	LN
mez kluzu oceli R10	675,800	3,55450	0,00526	0,3	LN
mez kluzu oceli R14	588,300	2,27273	0,00386	-0,5	LN
modul pružnosti oceli	210 000	4291,845	0,02044	0,0	N
Poissonův součinitel oceli	0,300	0,00858	0,02861	0,0	N
výška nosníku	0,300	0,00303	0,01010	0,0	N
šířka nosníku	0,187	0,00364	0,01945	0,0	N
krytí výztuže u dolního povrchu	0,040	0,00300	0,075110	0,0	N
krytí výztuže u horního povrchu	0,028	0,00500	0,17857	-1,0	LN
poloha smykové výztuže	0,000	0,00858	-	0,0	N
plocha výztuže u dolního povrchu	1,000	0,04000	0,04000	0,0	N
plocha výztuže u horního povrchu	1,000	0,04000	0,04000	0,0	N
plocha smykové výztuže	1,000	0,04000	0,04000	0,0	N

* [m], [kg/m³], [MPa], [N/m]

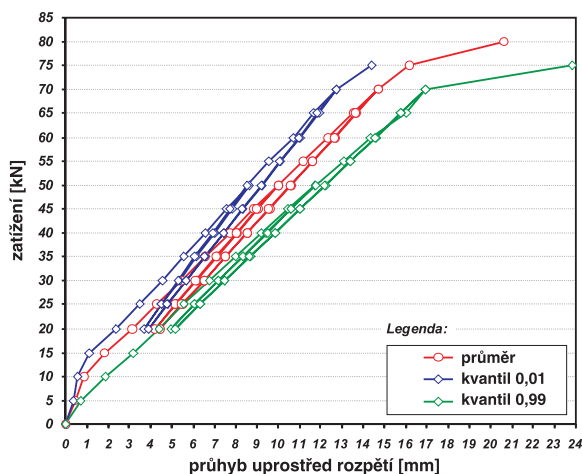
Pro zavedení vlivu nejistot do výpočtu je použita moderní simulační metoda Updated Latin Hypercube Sampling [7] s 50 simulacemi, pro posouzení vlivu jednotlivých vstupních veličin na sledované chování konstrukce je použit součinitel citlivosti [2] vycházející ze Spearmanova koeficientu pořadové korelace. Čím větší je absolutní hodnota součinitele citlivosti, tím větší vliv daná veličina má. Znaménko navíc určuje, zda je tento vliv pozitivní (se zvětšováním vstupní veličiny se zvětšuje i hodnota sledovaného chování), nebo negativní (se zvětšováním vstupní veličiny se hodnota zmenšuje).

Výsledky vzorové studie

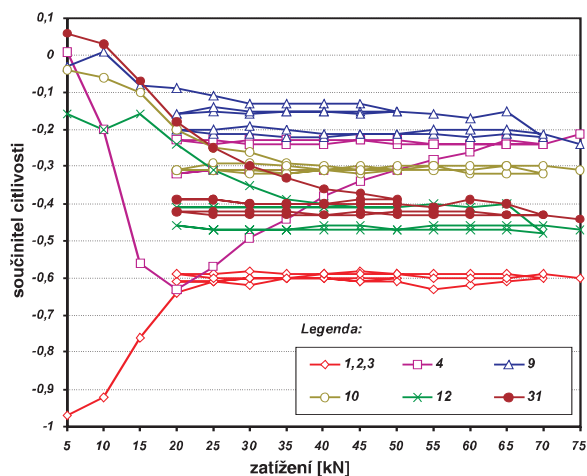
Pro prezentaci výsledků je zvoleno vyhodnocení průhybů konstrukce a poměrných deformací v místě dolní a horní betonářské výztuže uprostřed rozpětí v závislosti na zatížení a dále napětí na horním povrchu konstrukce v čtvrtině, polovině a třech čtvrtinách rozpětí pro zatížení 10 a 50 kN (před odtižením) a 65 kN (po prvním odtižení).

Průhyb uprostřed rozpětí

Získané výsledky průhybu uprostřed rozpětí nosníku jsou uvedeny v obr. 6 a obr. 7. Průměrnou hodnotu průhybů uprostřed rozpětí a 1% a 99% kvantily (kvantily 0,01, 0,99), získané simulací, uvádí obr. 6. Interval mezi křivkami obou kvantilů vymezuje oblast, ve které se průhyby mají vyskytovat s pravděpodobností 98%. Existuje však ještě 1% pravděpodobnost, že průhyb bude menší, resp. větší než 1%, resp. 99% kvantil.

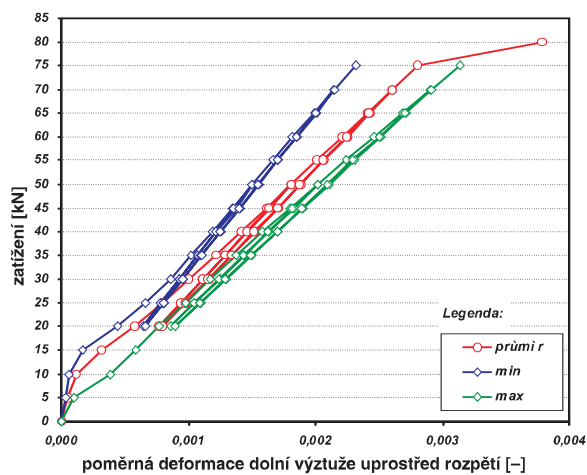


Obr. 6. Průhyby uprostřed rozpětí pro různou hladinu zatížení

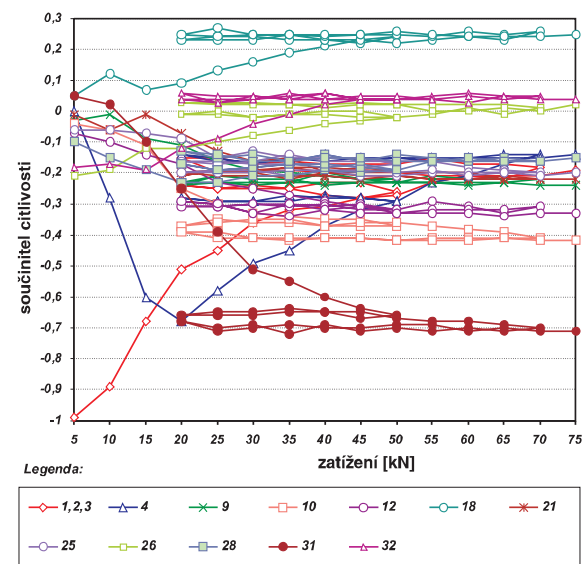


Obr. 7. Součinitele citlivosti průhybů uprostřed rozpětí v závislosti na zatížení

Součinitele citlivosti, které popisují, jaký vliv mají nejistoty ve vstupních veličinách na sledovaný průhyb nosníku, a to vždy pro příslušnou hladinu zatížení, jsou vyneseny v obr. 7. Jsou uvedeny výsledky pouze pro ty veličiny, jejichž vliv je možné považovat za alespoň minimální. Je zřejmé, že alespoň minimální vliv má pouze 8 veličin z celkového počtu 33. Jde o fyzikálně mechanické vlastnosti betonu (veličiny 1, 2 a 3), hodnotu lomové energie (4), mez kluzu betonářské výztuže u dolního povrchu (9), modul pružnosti betonářské výztuže (10), výšku nosníku (12) a plochu betonářské výztuže u dolního povrchu (31). Také se ukazuje, že tento vliv je obecně různý pro různou hladinu zatížení a také pro fázi přetížení a odtižení.



Obr. 8. Poměrné deformace dolní výztuže uprostřed rozpětí v závislosti na zatížení



Obr. 9. Součinitele citlivosti poměrné deformace dolní výztuže uprostřed rozpětí v závislosti na zatížení

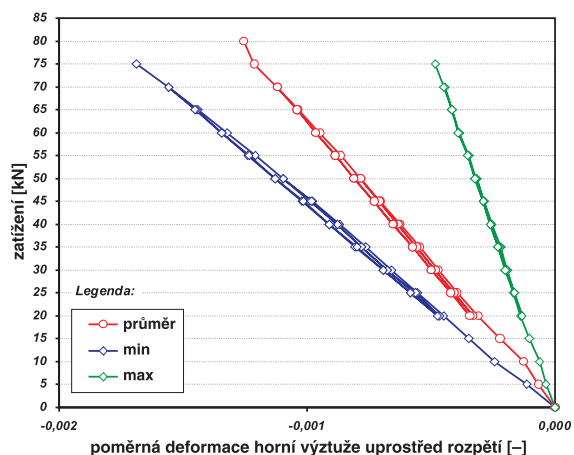
Poměrné deformace v místě dolní výztuže uprostřed rozpětí

Výsledky poměrných deformací jsou uvedeny v obr. 8 a obr. 9. Průměrná, minimální a maximální hodnota poměrných deformací v místě dolní výztuže uprostřed rozpětí je vykreslena v obr. 8. Interval mezi křivkami obou extrémů vymezuje oblast, ve které se poměrné deformace během simulace vyskytovaly. Součinitele citlivosti pro příslušnou hladinu zatížení jsou vyneseny v obr. 9. Z obrázku vyplývá,

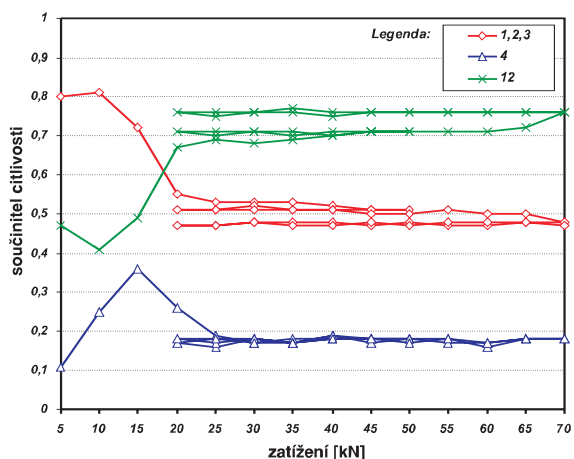
že reálný vliv má čtrnáct veličin, a to fyzikálně mechanické vlastnosti betonu (veličiny 1, 2 a 3), hodnota lomové energie (4), mez kluzu betonářské výztuže u dolního povrchu (9), modul pružnosti betonářské výztuže (10), výška nosníku (12), krytí dolní výztuže v určitých místech (18, 21), krytí horní výztuže v určitých místech (25, 26, 28), plocha betonářské výztuže u dolního povrchu (31) i u horního povrchu (32). Opět se ukazuje, že vliv je obecně různý pro různé hladiny zatížení a také pro fázi přitížení a odtížení.

Poměrné deformace v místě horní výztuže uprostřed rozpětí

Průměrnou, minimální a maximální hodnotu poměrných deformací v místě horní výztuže uprostřed rozpětí uvádí obr. 10, součinitele citlivosti obr. 11. Reálný vliv podle obr. 11 má



Obr. 10. Poměrné deformace horní výztuže uprostřed rozpětí v závislosti na zatížení



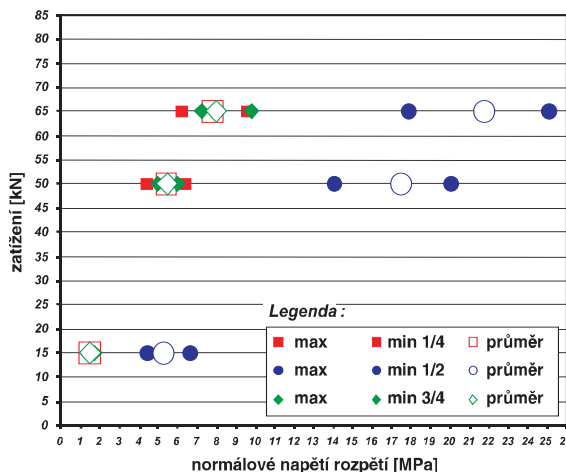
Obr. 11. Součinitele citlivosti poměrné deformace horní výztuže uprostřed rozpětí v závislosti na zatížení

pouze pět veličin, a to fyzikálně mechanické vlastnosti betonu (veličiny 1, 2 a 3), hodnota lomové energie (4) a výška nosníku (12). V porovnání s poměrnými deformacemi v místě dolní výztuže ovlivňuje chování mnohem méně veličin. I zde se ukazuje, že vliv je obecně různý pro různé hladiny zatížení a také pro fázi přitížení a odtížení.

Napětí na horním povrchu konstrukce

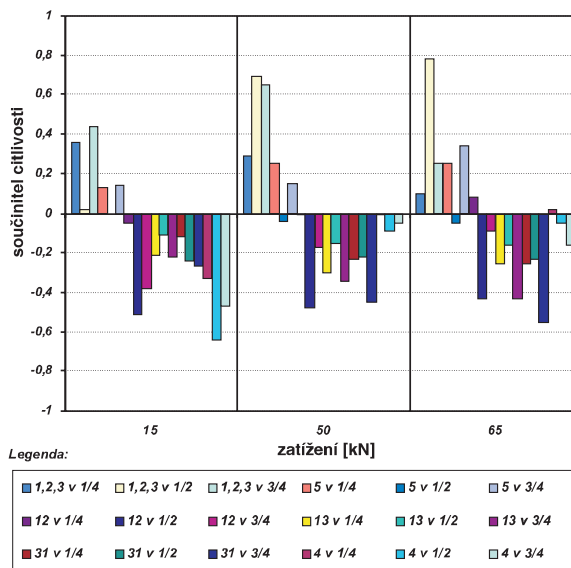
Získané výsledky napětí na horním povrchu konstrukce v 1/4, 1/2 a 3/4 rozpětí nosníku pro zatížení 10 a 50 kN (před odtížením) a 65 kN (po prvním odtížení) jsou uvedeny

v obr. 12 a 13. V obrázku 12 je vykreslena průměrná hodnota a minimální a maximální hodnota napětí v daných bodech pro zvolené hladiny zatížení. Za zmínku stojí skutečnost, že se zvyšující se hladinou zatížení se zvyšuje i náhodná proměnlivost napětí, tj. rozšiřuje se interval mezi extrémními hodnotami. Za povšimnutí také stojí, že ačkoliv jde o symetrickou konstrukci, náhodná proměnlivost napětí v 1/4 a 3/4 rozpětí je odlišná. Konkrétně napětí ve 3/4 rozpětí vykazuje menší náhodnou proměnlivost a se zvyšující se hladinou zatížení se mírně odchylují i průměrné hodnoty. Jde o důsledek vlivu proměnné náhodné proměnlivosti vstupních veličin (konkrétně polohy dolní a horní výztuže) po délce konstrukce.



Obr. 12. Normálové napětí na horním povrchu ve čtvrtině, polovině a tři čtvrtinách rozpětí pro tři hladiny zatížení

V obrázku 13 jsou vyneseny součinitele citlivosti pro zvolenou hladinu zatížení. Vyplývá z něj, že reálný vliv má 8 veličin: fyzikálně mechanické vlastnosti betonu (veličiny 1, 2 a 3), hodnota lomové energie (4), Poissonův součinitel betonu (5), výška (12) a šířka (13) nosníku a plocha betonářské výztuže u dolního povrchu (31). Opět se ukazuje, že vliv je obecně různý pro různé hladiny zatížení, pro fázi přitížení a odtížení a také pro místo, kde napětí vyhodnocujeme. Například hodnota lomové energie výrazněji ovlivňuje napětí v polovině rozpětí v porovnání s body v 1/4 a 3/4 rozpětí, zatímco u Poissonova součinitele betonu je tomu naopak.



Obr. 13. Součinitele citlivosti normálového napětí na horním povrchu ve čtvrtině, polovině a tři čtvrtinách rozpětí pro tři hladiny zatížení

Závěr

Současný stav rozvoje výpočetních numerických metod statické analýzy betonových prvků a konstrukcí i úroveň výpočetní techniky poskytují solidní základ pro provádění zpřesněných analýz stavebních konstrukcí s uvažováním vlivu nejistot ve vstupních veličinách. Tyto nástroje tak umožňují simulovat experimentální zkoušky na počítači. Takto provedené simulace umožňují vhodně doplnit, a v některých oblastech i nahradit, časově i ekonomicky náročný experimentální výzkum. Výhodně se jeví jejich použití i při vývoji stavebních hmot, využívajících pozitivních vlastností průmyslových odpadů, které vznikají v různých technologických procesech, nebo stavebních hmot z jiných progresivních materiálů. Lze tak simulovat a analyzovat chování nových stavebních hmot v konstrukcích při různých podmínkách působení.

Příspěvek vznikl za přispění výzkumného záměru MSM0021630511 „Progresivní stavební materiály s využitím druhotných surovin a jejich vliv na životnost konstrukcí“.

Florian, A. – Pěničák, J. – Ševelová, L.: Computational Methods for Simulating Experimental Tests of Structures after Repair of Damaged Parts

The repair of damaged parts of structures should be verified by experimental tests. Usually it is a time-consuming as well as money-consuming task. Sophisticated computational models based on the FEM and modern simulation techniques taking into account uncertainties in input variables are able to simulate experimental tests on computers. The simulation of the loading test of an RC beam is presented.

Florian, A. – Pěničák, J. – Ševelová, L.: Anwendung von Berechnungsverfahren bei der Simulation experimenteller Prüfungen von Konstruktionen nach der Sanierung beschädigter Teile

Bei einem Eingriff in ein Tragsystem infolge seiner Sanierung sollte die Begutachtung der Veränderungen des Spannungszustandes und der Verformung sowie die Prüfung der geforderten Grenztragfähigkeit eine Selbstverständlichkeit sein. Nicht immer kann die Eignung der gewählten Lösung experimentell überprüft werden. Im Artikel werden die Möglichkeiten und Verfahren zusammengefasst, die es ermöglichen, die erforderlichen Prüfungen am Computer zu simulieren und dadurch bei Erfüllung bestimmter Bedingungen die zeitlich und ökonomisch aufwendige Untersuchung an wirklichen Probekörpern teilweise zu ersetzen und in jedem Fall geeignet zu ergänzen. Simuliert werden Belastungsprüfungen der Grenztragfähigkeit eines durch Vierpunktbiegung beanspruchten Stahlbetonträgers mit teilweiser Entlastung.

Literatura

- [1] Emmons, P. H. – Drochytka, R. – Jeřábek, Z.: Sanace a údržba betonu. Brno, CERM – Akademické nakladatelství 2001.
- [2] Florian, A. – Navrátil, J. – Stráský, J.: Moderní metody analýzy mostních konstrukcí. Fond rozvoje VŠ 95, projekt č. 685/95, VUT FAST Brno, 1994.
- [3] Florian, A.: Moderní numerické simulační metody – přehled. Stavební obzor, 7, 1998, č. 2, s. 60–64.
- [4] www.ansys.com
- [5] www.cervenka.cz
- [6] Pěničák, J. – Schmid, P. – Daněk, P.: Experimentální a numerická analýza železobetonových nosníků. [Sborník], mezinárodní konference „Experimentální analýza napětí 2004“, Škoda Výzkum, Kašperské Hory, 2004.
- [7] Florian, A.: An Efficient Sampling Scheme: Updated Latin Hypercube Sampling. J. Probabilistic Engineering Mechanics, 1992, 7(2), pp. 123–130.
- [8] Pěničák, J.: Využití výpočtových systémů ANSYS a ATENA při parametrických studiích stavebních konstrukcí z progresivních materiálů s uvažováním vlivu nejistot. [Sborník], konference „Konstrukce a stavební materiály s využitím druhotných surovin 2006“, 2006, s. 1–12.
- [9] Florian, A. – Pěničák, J.: Statistická analýza ŽB sloupu jeřábové dráhy – parametrická studie. Beton, 2004, č. 3, s. 36–40.

Národní stavební centrum Brno

NSC
NÁRODNÍ STAVEBNÍ CENTRUM

Nově vytvořená servisní organizace Svazu podnikatelů ve stavebnictví v ČR navazuje na tradice Stavebního centra, a. s.,

Veletrhy Brno. Je provozovatelem Centra vzorových domů a Vzorkovny stavebních materiálů na brněnském výstavišti. Přípravuje vlastní vzdělávací semináře a do budoucna má převzít realizaci programu připravovaného Institutem vzdělávání SPS pro oblast jižní a střední Moravy. Opírá se o zkušenosti z členství v UICB, Mezinárodní unii stavebních center. Disponuje vlastními konferenčními prostorami. Pro nejbližší období připravuje semináře:

- 20.11. Dřevěné konstrukce v současné stavební praxi
- 21.11. Odpovědnost za škodu způsobenou při výkonu veřejné moci nezákonným rozhodnutím nebo nesprávným úředním postupem v podmínkách veřejné správy
- 23.11. Sklo pro interiéry a design – skleněné zábradlí, příčky, podhledy, nábytkové sklo
- 28.11. Softwarová podpora při rozpočtování staveb
- 30.11. Zadávání veřejných zakázek
 - 4.12. Nový stavební zákon – změny ve stavebním řízení
 - 5.12. Monolitické betonové konstrukce, systémové bednění
 - 7.12. Klimatizace v budovách, vytápění, komínové systémy
 - 8.12. Nový stavební zákon – stavby na povolení, stavby na ohlášení
 - 14.12. Prvky a automatizované systémy pro zabezpečení požárních únikových cest

V rámci bezplatného poradenství poskytují akademičtí pracovníci VUT – FAST pro laickou i odbornou veřejnost rady ve všech oblastech stavebnictví. Prodejna a půjčovna stavební literatury se zaměřuje na širokou oblast stavebnictví. Vyskytuje se zde jak literatura pro začátečníky, tak pro pokročilé stavebníky či projektanty.

www.stavebnicentrum.cz

Sledování svahových sesuvů pomocí geodetických měření

doc. Ing. Jiří POSPÍŠIL, CSc.
Ing. Martin RAŠKA

ČVUT – Fakulta stavební
Praha

V textu je popsán praktický způsob měření svahových sesuvů způsobených těžební činností. Etapová měření pro určení velikosti sesuvů s výsledným určením souřadnic monitorovacích bodů se prováděla dvěma totálními stanicemi. Popsány jsou sesuvy v lokalitách povrchových dolů Osmosa a Nepomyšl a možnost použití aparatury GPS v síti referenčních stanic CZEPOS.

Úvod

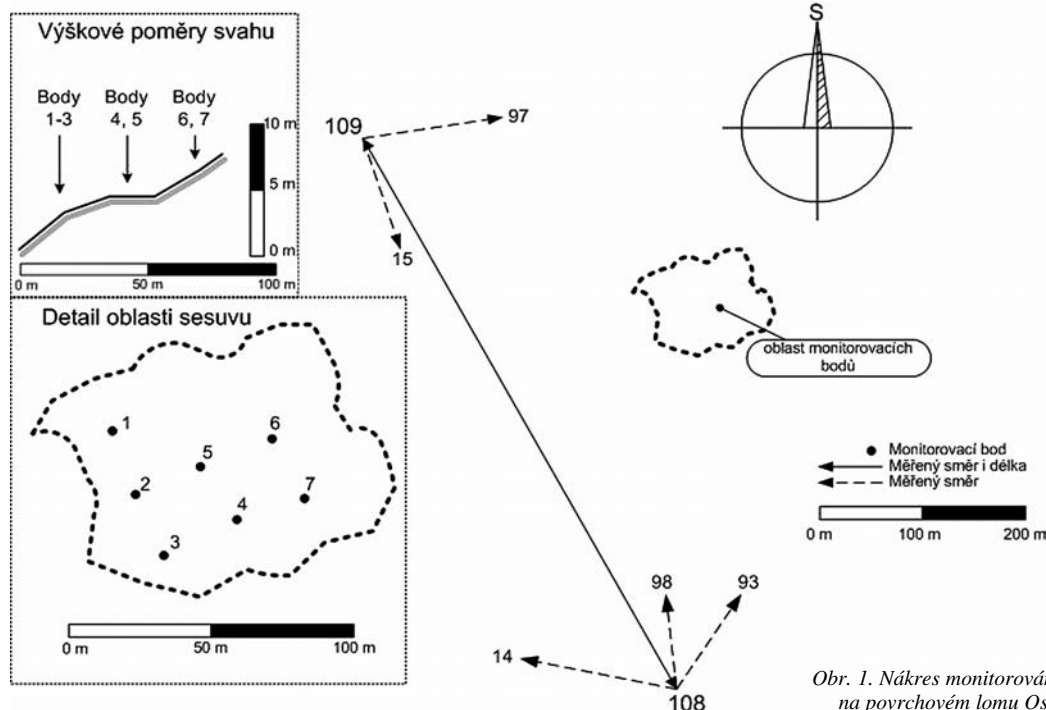
Svahové sesuvy bývají způsobeny stavební nebo jinou činností člověka. Často sesuv přímo ohrožuje blízkou zástavbu nebo jinak „cennou“ lokalitu, a hrozí tak škody na majetku, či dokonce na zdraví nebo životech. Vzhledem k těmto nebezpečím se klade důraz na pečlivé monitorování rizikových svahů a z výsledků se vyvozují závěry vedoucí např. k sanaci svahu. Zvláštní pozornost je v poslední době věnována geodetickému měření sesuvů. V článku je popsán postup praktického měření sesuvů v blízkosti kaolinových lomů, v nichž byly sesuvy způsobeny důlní činností. Analýza výsledků je řešena jako součást výzkumného záměru a doktorské dizertační práce „Geodetické práce pro geotechniku“. Pozornost je věnována i možnostem aplikace GPS (Global Positioning System – satelitní navigační systém) ve zmíněné oblasti zeměměřictví. Výsledky dvou praktických případů byly získány z [7].

Lom Osmosa – havarijní skluz „Němec“

Povrchový lom na keramický kaolin Osmosa se nachází v územní působnosti obce Božičany, okres Karlovy Vary. Během těžby nerostu došlo na okraji lomu k náhlému pohybu hmot zeminy. V součinnosti s oddělením důlní projekce bylo zahájeno geodetické měření skluzu pod shora uvedeným pracovním názvem. Intervaly mezi 11 etapami měření (plus základní, 0. etapa) v období od července 1999 do května 2001 byly nestejně velikosti, vždy podle zadání oddělení důlní projekce. Probíhající důlní činnost postupem času zlikvidovala jak monitorovací body, tak i příčiny a následky sesuvu.

Zeměměřické práce

Vzhledem k charakteru a velikosti pohybů zeminy nebyla nutná měření zvláště vysoké přesnosti souřadnic monitorovacích bodů. U sedmi monitorovacích bodů se měřily směry i délky ze dvou stanovisek, a to na každém v jedné skupině (tj. v obou polohách dalekohledu). Problémem u etapových zeměměřických prací v území aktivního lomu je rychlá změna okolního terénu. Ta se často projeví na poškození nebo zničení stabilizací zeměměřických bodů. Z téhož důvodu nebylo možné ani zde používat během všech etap stejná stanoviska a stejné orientace, nicméně konfigurace sítě byla vždy velice podobná. Během posledních etap bylo jako stanovisek použito dvou bodů důlního bodového pole lomu Osmosa (dále jen DBP – body 108 a 109), s orientací na další body DBP (obr. 1). Geologické podmínky a dostatečný počet nadbytečných záměr na okolní orientace jsou zárukou stability obou stanovisek.



Obr. 1. Náčrt monitorování skluzu na povrchovém lomu Osmosa

Přístrojová technika

K měření byl použit přístroj Geodimeter 610A, s deklarovanou přesností měření úhlů $\sigma = 0,3$ mgon (podle DIN 18723) a přesností měření délek $\sigma = 2\text{mm} + 2\text{ppm}$.

Výpočetní práce

V každé z etap bylo vždy měření vyrovnáno metodou nejmenších čtverců, jako vázaná síť (s pevnými body na bodech DBP). Výpočet byl řešen softwarem GEUS. Vzhledem ke zjištěným posunům byly charakteristiky přesnosti souřadnic jednotlivých bodů více než vyhovující. Jejich hodnoty pro stejné body byly téměř shodné během všech etap, proto v tab. 1 uvádíme jen orientační přehled směrodatných odchylek souřadnic na všech bodech (výrazně větší odchylky na bodě 5 byly způsobeny tím, že na bod bylo ve čtvrté etapě z technických důvodů měřeno jen z jednoho stanoviska).

Tab. 1. Směrodatné odchylky souřadnic na všech bodech

Monit. bod č.	Minimální hodnota [mm]			Maximální hodnota [mm]		
	σ_y	σ_x	σ_z	σ_y	σ_x	σ_z
1	7,6	6,7	2,9	12	10	8,9
2	7,8	6,8	2,9	12	11	9,0
3	8,1	6,9	3,0	13	11	9,2
4	8,1	7,2	3,1	13	11	9,6
5	7,9	7,1	3,1	27	12	9,5
6	7,9	7,4	3,2	12	12	9,9
7	8,1	7,4	3,3	13	12	10,0

Posuny monitorovacích bodů

Posuny jednotlivých bodů ve vztahu k základní etapě měření je patrný z tab. 2, obr. 2 a obr. 3. Z výsledků je zřejmé „zvedání“ zeminy (způsobené akumulací zeminy) u paty svahu. Z obrázků lze také vyvodit vliv tání sněhu v období jaro 2000/jaro 2001 na stabilitu svahu, kdy došlo k „odtržení“ a poměrně rychlému sesuvu monitorovaného území.

Plánované práce

Vzhledem k úplné geomorfologické změně lokality v důsledku probíhající důlní činnosti již není možné provádět no-

vá měření a ověřovat jiné geodetické metody (jako v případě lomu Nepomyšl). Nicméně množství naměřených dat dává prostor pro jejich postprocesní analýzu a ověřování různých modelů chování svahu, např. porovnání praktických zkušeností s teoretickými parametry získanými výpočtem [4].

Lom Nepomyšl

Další z kaolinových lomů, postižených náhlým sesuvem svahu v důsledku důlní činnosti, se nachází nedaleko obce Nepomyšl, okres Louny. I zde se svah nad lomem dal do pohybu po tání sněhu a jarních deštích. Hned po zpozorování geomorfologických změn byla zahájena základní etapa (nultá) měření. V období březen 2003 až červen 2004 proběhlo 14 etap (plus základní nultá). Monitorování mělo být ukončeno, nicméně v současné době se zpracovávají výsledky a analýza 15. etapy měření, které rozhodnou o dalším osudu etapového měření. Jako zjednodušené kritérium pro rozhodování může být použita hodnota změny prostorové polohy bodů v i -té a v $i-1$. etapě.

Zeměměřické práce

Skluz postihl území o ploše cca 3 ha, nicméně pro hustou vegetaci na části území nebylo možné monitorovacími body pokrýt celou oblast sesuvu. Na odkryté ploše bylo stabilizováno 23 bodů v přibližně pravidelném čtvercovém uspořádání. Jeden z bodů (č. 2) je stávající bod DBP (žulový mezník M2), ostatní byly nově stabilizovány ocelovými tyčemi délky 120 cm a průměru 30 mm.

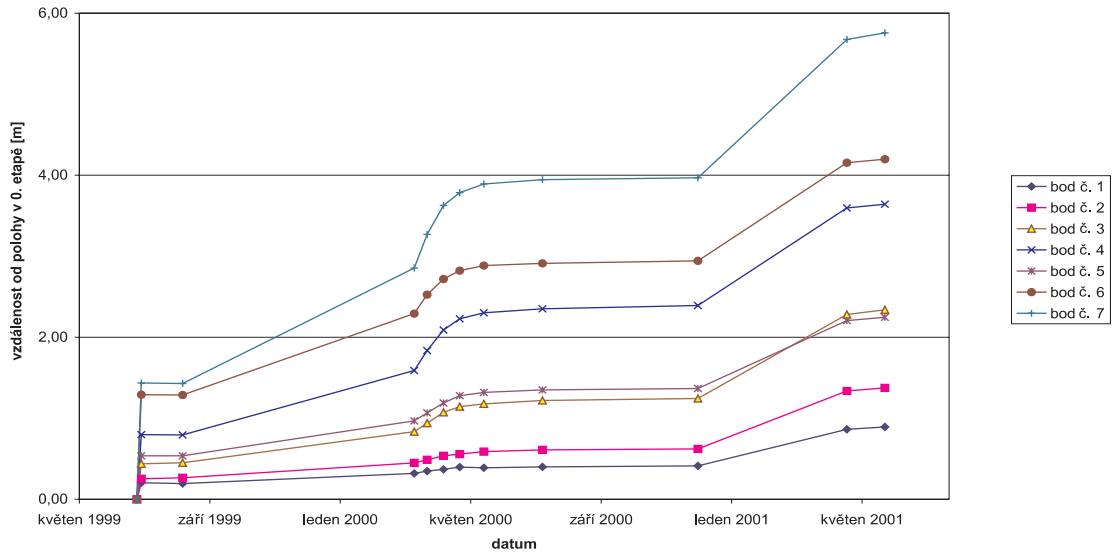
Měření bylo od začátku plánováno na současné měření na monitorovací bod ze dvou stanovisek (monitorovací bod č. 25 a nedaleký ZbB¹⁾ 1207-244). Takto byly zaměřeny všechny monitorovací body. Poté byly oba přístroje přesunuty, z bodu č. 2 byly zaměřeny opět (viditelné) monitorovací body a z bodu DBP č. 1 byla zaměřena osnova směru na okolní body ZBPB²⁾ a záměra na monitorovací bod č. 2, podle možnosti na monitorovací bod č. 1. Měření bylo tedy prováděno ze čtyř stanovisek, dvě se nacházejí v území zasaženém skluzem, jsou tedy „v pohybu“, další dvě jsou mimo zasažené území a jsou, vzhledem ke geologickým podmín-

Tab. 2. Změny polohy bodů vzhledem k 0. etapě

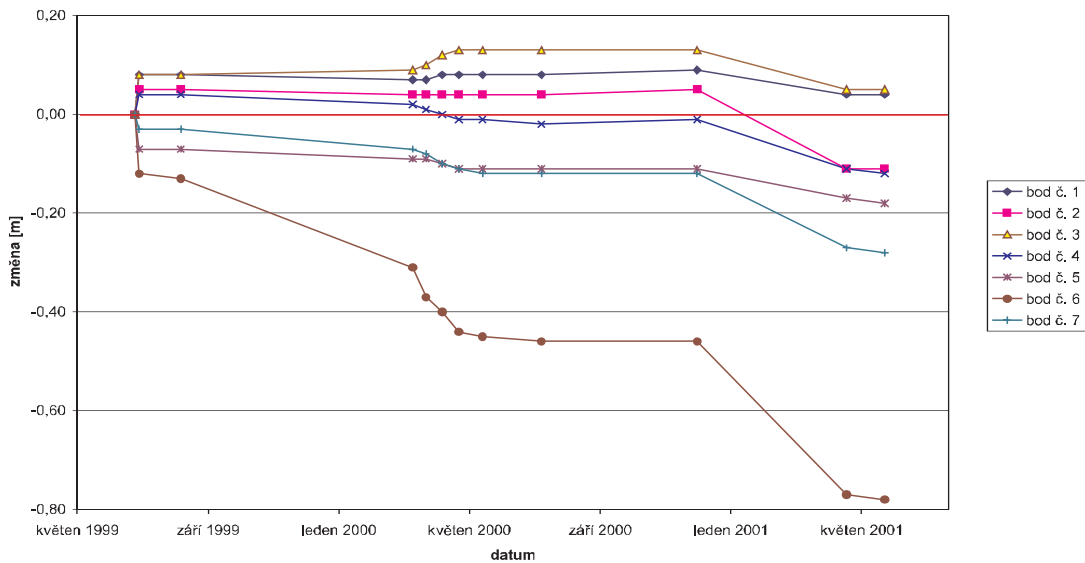
Změny horizontální polohy bodu vzhledem k 0. etapě [m]												
etapa/datum	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
číslo bodu	12.7.1999	16.7.1999	23.8.1999	23.3.2000	4.4.2000	19.4.2000	4.5.2000	26.5.2000	19.7.2000	9.12.2000	25.4.2001	30.5.2001
1	0,00	0,20	0,19	0,32	0,35	0,37	0,40	0,39	0,40	0,41	0,86	0,89
2	0,00	0,25	0,26	0,45	0,49	0,54	0,56	0,59	0,61	0,62	1,34	1,37
3	0,00	0,44	0,45	0,84	0,94	1,07	1,14	1,18	1,22	1,24	2,28	2,34
4	0,00	0,80	0,79	1,59	1,84	2,09	2,23	2,30	2,35	2,39	3,60	3,64
5	0,00	0,54	0,54	0,97	1,07	1,19	1,28	1,32	1,35	1,37	2,21	2,25
6	0,00	1,29	1,29	2,29	2,52	2,72	2,82	2,88	2,91	2,94	4,15	4,20
7	0,00	1,43	1,43	2,85	3,27	3,63	3,78	3,89	3,95	3,97	5,67	5,76
Změny výšky bodu vzhledem k 0. etapě [m]												
1	0,00	0,08	0,08	0,07	0,07	0,08	0,08	0,08	0,08	0,09	0,04	0,04
2	0,00	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05	-0,11	-0,11
3	0,00	0,08	0,08	0,09	0,10	0,12	0,13	0,13	0,13	0,13	0,05	0,05
4	0,00	0,04	0,04	0,02	0,01	0,00	-0,01	-0,01	-0,02	-0,01	-0,11	-0,12
5	0,00	-0,07	-0,07	-0,09	-0,09	-0,10	-0,11	-0,11	-0,11	-0,11	-0,17	-0,18
6	0,00	-0,12	-0,13	-0,31	-0,37	-0,40	-0,44	-0,45	-0,46	-0,46	-0,77	-0,78
7	0,00	-0,03	-0,03	-0,07	-0,08	-0,10	-0,11	-0,12	-0,12	-0,12	-0,27	-0,28

¹⁾ zkratka pro zhušňovací bod ve smyslu přílohy č. 1.2 k [1]

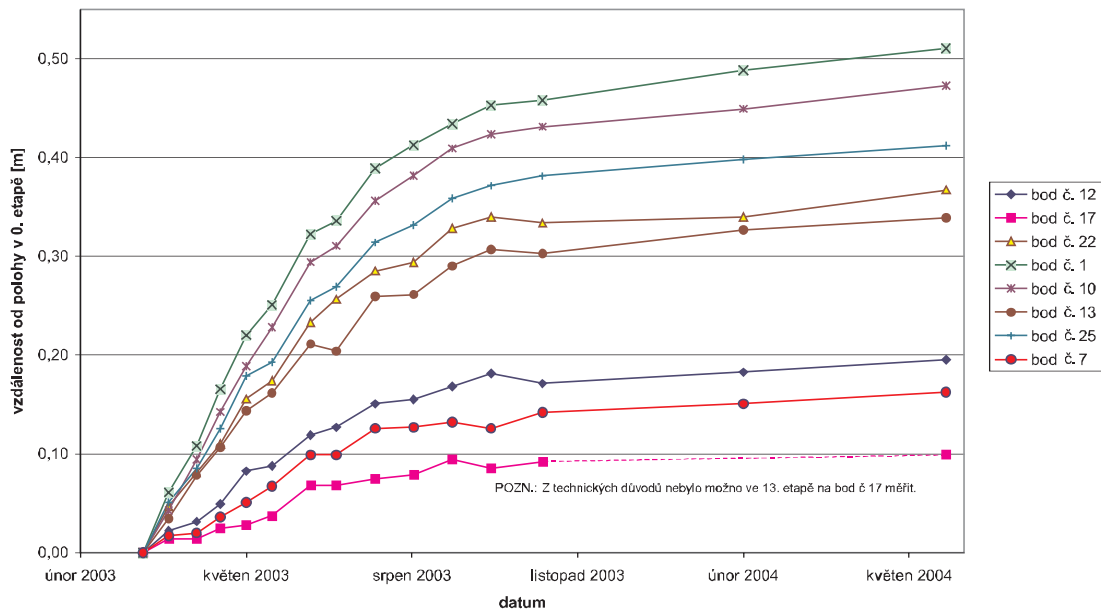
²⁾ zkratka pro základní polohové bodové pole ve smyslu přílohy č. 1.2 k [1]



Obr. 2. Změny horizontální polohy bodů vzhledem k základní etapě



Obr. 3. Změny vertikální polohy bodů vzhledem k základní etapě



Obr. 5. Změny prostorové polohy bodů vzhledem k základní etapě

kám a kontrolnímu měření osnov směrů, považovány za dostatečně stabilní. Měření bylo vždy provedeno v jedné skupině (dvou polohách dalekohledu). Tato metoda byla zvolena pro poměrně omezené možnosti umístění stabilních bodů pro stanoviště v okolí sledované lokality. Během postupu lomu bylo změnou výškových poměrů výsypky znemožněno měření v naprosto stejné konfiguraci, z některých stanovisek tedy nebylo v pozdějších etapách měřeno na některé monitorovací body. Konfigurace sítě bodů v době měření základní etapy je patrná z obr. 4.

Přístrojová technika

Pro větší efektivnost (a menší časovou náročnost) měření bylo použito současně dvou totálních stanic, každá na dvou stanoviscích. Jednak to byl přístroj Geodimeter 610A, s deklarovanou přesností měření úhlů $\sigma = 0,3$ mgon (podle DIN 18723) a přesností měření délek $\sigma = 2$ mm+2 ppm (stanoviště Zhb 1207-244 a DBP 1) a jednak Sokkia Set4C, s přesností měření úhlů $\sigma = 1,5$ mgon (podle DIN 18723) a přesností měření délek $\sigma = 10$ mm+3 ppm (stanoviště MB 2 a MB 25). Empiricky (po změření nulté etapy) bylo zjištěno, že i méně přesné měření přístrojem Sokkia (v modu rychlého měření délek) je pro účely této měřické sítě dostačující.

Výpočetní práce

Každá etapa byla opět zvlášť řešena jako vázaná síť pomocí softwaru GEUS, v průběhu všech měření bylo dosaženo vyhovujících charakteristik přesnosti výsledných souřadnic všech bodů – maximální dosažené hodnoty směrodatných odchylek $\sigma_{y_x} = 14,0$ mm (bod č. 12, 13. etapa), $\sigma_z = 6,2$ mm (bod č. 12, 13. etapa). Ke značnému zhoršení chybových charakteristik výsledných souřadnic ve 13. etapě došlo pro zhoršení povětrnostních podmínek v období měření (únor 2004).

Výsledné posuny bodů

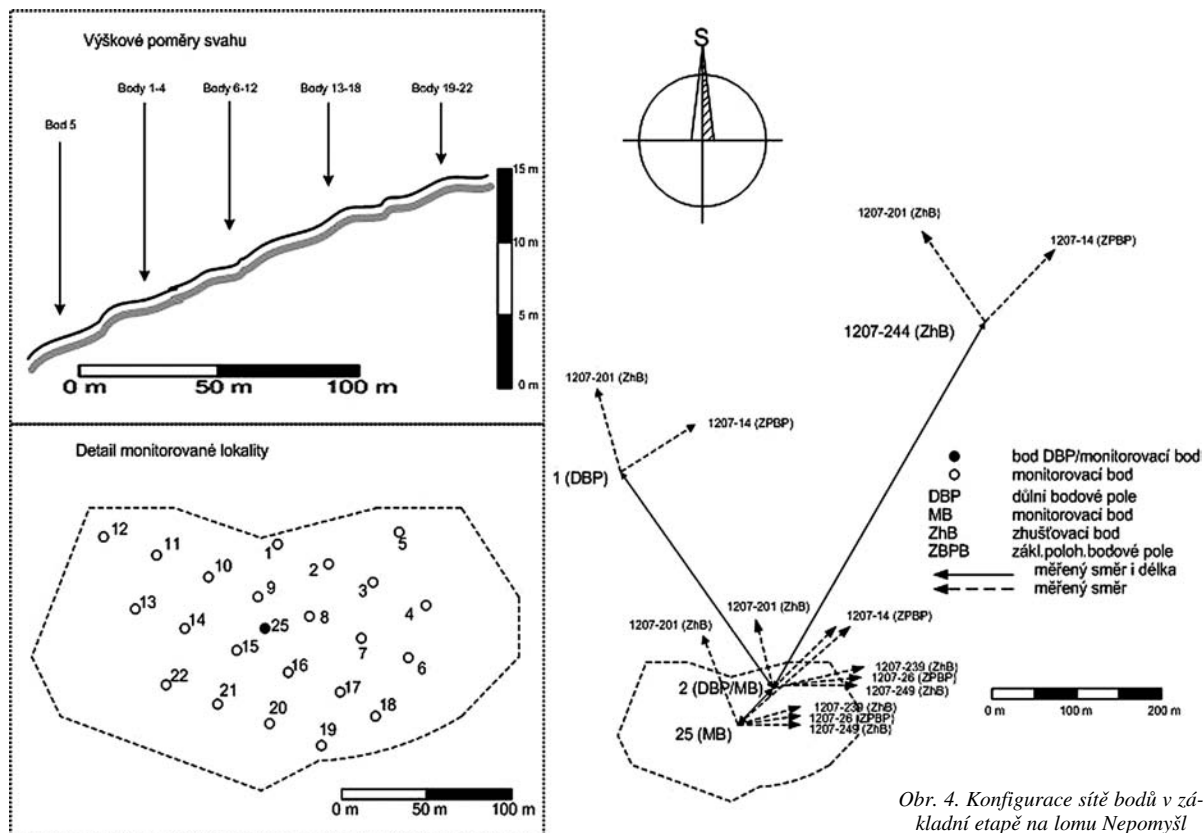
Zjištěné posuny bodů jsou patrné z obr. 5, do kterého byly pro přehlednost vybrány jen některé body (dávající dostatečný náhled na chování celého svahu). Hmoty zeminy se plynule plouží svahem. Protože v tomto případě monitorovací body pokrývají horní část svahu, došlo během etapových měření prakticky na všech bodech k poklesu (a horizontálnímu pohybu ve směru spádnice). Pro představu posunů jsou tedy v tomto případě uvedeny prostorové vzdálenosti poloh bodů v jednotlivých etapách, které jsou vždy vztaheny k poloze základní etapy.

Bylo zjištěno, že body na okraji sledovaného území (č. 6, 18, 19) nevykazují téměř žádnou změnu polohy, je tedy zřejmé, že se svah pohybuje zejména v severozápadní části lokality.

Včasné zahájení sledovacích prací spolu s analýzou výsledků a adekvátními sanačními opatřeními vedlo ke zmírnění škod způsobených sesuvem, což dokládá užitečnost tohoto druhu prací.

Další postup prací

Následující práce ovlivnilo zejména zakoupení GPS aparatury pro práci v síti CZEPOS (národní síť permanentních referenčních stanic, provozovaných Zeměměřickým úřadem). Vzhledem k zachování velké části monitorovacích bodů (které jsou, na rozdíl od předchozího případu, mimo budoucí postup lomu) je lokalita velmi vhodná pro ověření technologie GPS pro měření sesuvů, ať již v rámci potenciálních etap měření, tak čistě pro zjištění jejich možností. Dosažené výsledky budou podrobeny další analýze, jednak z čistě měřického hlediska (jiné způsoby vyrovnání sítě) a jednak z pohledu aplikace modelů pro simulaci a prognózu pohybu svahu. Budou porovnány teoreticky vypočítané hodnoty [4] s hodnotami zjištěnými během měření a je plánována studie užití diferenciální geometrie pro popis stavu a pohybu svahu.



Obr. 4. Konfigurace sítě bodů v základní etapě na lomu Nepomyšl

V současnosti je již řešena problematika transformací souřadnic bodů mezi jednotlivými epochami a analýza dat pomocí tenzorů deformace [6].

Možnosti GPS v síti CZEPOS pro měření sesuvů

Aparatura GPS je k dispozici ve firmě ing. Turčina poměrně krátkou dobu a ještě neumožnila dosažení statisticky zpracovatelného vzorku měření, nicméně již byla dostačující pro zhodnocení prvních zkušeností a načrtnutí možností užití technologie.

K dispozici je typ Trimble R8, schopný kódového (včetně nového kódu L2C) i fázového měření a příjmu obou frekvencí. Vestavěný modem pro přenos dat pomocí technologie GPRS³⁾ umožňuje přenos dat ze sítě CZEPOS, čímž lze provádět měření s výsledky v národním souřadnicovém systému v reálném čase s poměrně vysokou přesností (řádově centimetrů). V síti CZEPOS stačí pouze jedna aparatura, SIM karta libovolného operátora a firemní software pro zpracování naměřených dat (pro RTK⁴⁾ měření prakticky jen vytvoření výstupního protokolu z měření). Po zapnutí přístroje a založení zakázky je možné měřit ve třech režimech (pomineme-li „klasické“ postprocesní měření). Metoda „prosté“ RTK použije jako referenční stanici jednu z nabízených v rámci celé sítě CZEPOS a korekce modeluje v závislosti na vzdálenosti od ní. Jejich přesnost tedy klesá se vzdáleností od stanice (v postatě jde o technologii WADGPS⁵⁾, popsanou v [3]. Další dva režimy již používají korekce z plošného vyrovnání celé sítě, a mají tedy vyšší kvalitativní charakteristiky než předchozí případ. Metoda FKP (z něm. Flächenkorrekturparameter) používá jako referenční stanici nejbližší k lokalitě měření, metoda VRS potom vygeneruje virtuální referenční stanici ve vzdálenosti cca 5 km od místa měření (obvykle ve směru na nejbližší referenční stanici sítě CZEPOS).

Po volbě měřického stylu dochází k tzv. fixaci, což v praxi představuje řešení ambiguit (v režimu fixed – ambiguity se řeší jako přirozená čísla, proti režimu float). Řešení ambiguit probíhá metodou OTF (on-the-fly, tj. během pohybu aparatury) a trvá v závislosti na konfiguraci družic a přijímače do dvou minut.

Vlastní měření podrobných bodů vyžaduje observaci v trvání cca 5 s (!), což je co do časové náročnosti diametrálně odlišná hodnota od dosud obvyklých časů měření bodů pomocí GPS (ovšem stále s centimetrovou přesností bodů). Deklarovaná přesnost souřadnic v optimálním případě je cca 2 cm v poloze a 3 cm ve výšce, nicméně praktická měření ukázala, že podrobné body vykazují přesnost o něco horší (což je relativní pojem, je nutno vzít v úvahu vhodnost a vlastnosti konkrétní transformace do systému S-JTSK apod.). Nicméně aparatura umožňuje i měření „pevného bodu“, kde je observace již tříminutová a dosud zjištěné výsledky vykazují malý rozptyl souřadnic v čase.

Je vidět, v porovnání s výsledky z [2], že užití sítě CZEPOS s sebou nese četné výhody. Mezi hlavními je vysoká přesnost výsledných souřadnic při velmi krátké době observace na bodě. Aparatura je tedy velmi vhodná pro podrobné měření morfologie terénu (v porovnání s aparaturou Trimble GeoExplorer CE [2]), tak i pro přesná měření monitorovacích bodů (s očekávanou centimetrovou přesností určených souřadnic). Velkou výhodou je okamžitá kontrola kvality měření bodu.

Transformace měření

Je známo, že aparatury GPS měří primárně v systému WGS-84, resp. ETRS (ve smyslu [5]). V příloze č. 9 k [1] je

popsán způsob transformace do národního systému S-JTSK, nicméně je dobré zdůraznit některé důsledky různých transformací. Přestože [1] umožňuje užití globálního transformačního klíče (pro měření podrobných bodů), s jeho použitím lze získat (např. při měření na bodech ZBPB nebo ZhB) i řádově decimetrové rozdíly souřadnic (od „daných“). Z toho pohledu se jeví filozofie používání globálního transformačního klíče jako nesprávná, a rovněž v kontextu tématu tohoto textu ji nelze doporučit.

Při použití lokálních klíčů lze (za předpokladu, že je určen v souladu s [1]) i tak dostat různé výsledky, v závislosti na volbě identických bodů pro transformaci. Volbou transformace je rovněž určen faktor pro následné měření podrobných/pevných bodů, z čehož plyne i různá interpretace jejich relativních vzdáleností nebo velikostí posunu jednoho bodu v čase. Řešením je zaměření dostatečně stabilních bodů v okolí lokality s podrobnými body a následná transformace na jejich původní souřadnice (určené např. z předchozího terestrického měření). Tím se ztotožní rozměr i orientace sítě bodů pro každou etapu měření a výsledky z měření GPS lze použít i pro spolehlivé určení relativní vzdálenosti bodů nebo posunů bodů mezi etapami měření.

Plánované práce

Na základě uvedených domněnek bude provedeno měření GPS na stabilních bodech, které by mělo odhalit velikost rozptylu určení souřadnic identického bodu v delším časovém úseku (např. opakovaná měření v průběhu roku), současně s rozptylem relativní vzdálenosti dvou bodů, určené ze souřadnic změřených pomocí GPS. Zároveň bude navržena vhodná technologie měření i následného zpracování (např. následné transformace) tak, aby bylo možno s aparaturou GPS v síti CZEPOS dosahovat i subcentimetrové přesnosti určení souřadnic, při zachování hlavní výhody systému (GPS+CZEPOS), tj. krátké doby observace, a to bez nutnosti používání vlastní referenční stanice.

Text byl zpracován s podporou výzkumného záměru MSM6840770005 MŠMT „Udržitelná výstavba“.

Literatura

- [1] ČÚZK: Vyhláška č. 31/1995 Sb., aktuální znění.
- [2] Hánek, P. – Janžurová, I. – Hánek, P. jr.: Geodetická měření pro určení svahových sesuvů v lokální prostorové síti Rabenov. Stavební obzor, 14, 2005, č. 1, s. 21–25.
- [3] Hofmann-Wellenhopf, B. – Lichtenegger, H. – Collins, J.: GPS: Theory and Practice (5. ed.). Wien, Springer-Verlag 2001, 400 p.
- [4] Koudelka, P. – Procházka, P.: Apriori Integration Method: Analysis, Similarity and Optimization of Slopes. Praha, Academia 2001, 166 s.
- [5] Nařízení vlády č. 116/1995 Sb., Geodetické referenční systémy, státní mapová díla závazná na celém území státu a zásady jejich používání.
- [6] Pospíšil, J. – Štroner, M. – Křemen, T. – Hánek, P. – Ratiborský, J. – Seidl, M.: Geodetické práce pro monitorování změn polohy bodů a objektů. In: "Udržitelná výstavba 1", workshop, Fsv ČVUT, Praha 2005, s. 119–124.
- [7] Turčín, K.: Důlněměřická dokumentace pro Sedlecký kaolin, a. s. Ing. Karel Turčín, geodetická a důlněměřická kancelář, Karlovy Vary.

³⁾ General Packet Radio Service – technologie přenosu dat v síti mobilních operátorů GSM (Global System for Mobile Communication)

⁴⁾ Real Time Kinematic – měření GPS s jednou pevnou (resp. celou sítí) stanicí a jednou pohybující se (tzv. rover), při němž se radiovým spojením předávají informace z referenční stanice na rover v reálném čase [3]

⁵⁾ Wide Area Differential GPS – měření pomocí sítě permanentních referenčních stanic GPS [3]

Pospíšil, J. – Raška, M.: Monitoring of Landslides by Means of Geodetic Measurements

This article contains a brief overview of geodetic monitoring of a landslide caused by the mining. Measurements have been performed by two total stations and the sliding areas have been determined through coordinate changes of the monitoring points. Two practical issues have been described, localized near kaolin-quarries "Osmosa" and "Nepomyšl". In following chapters, the potential of GPS technology, using the network of permanent reference stations "CZEPOS" has been described.

Pospíšil, J. – Raška, M.: Beobachtung von Hangrutschungen mit Hilfe geodätischer Messungen

Zur Messung der durch Bergbautätigkeit verursachten Rutschung von Hängen bzw. Böschungen wurden zwei Totalstationen benutzt. Zur Bestimmung der Größe der Rutschungen wurden etappenweise Messungen mit resultierender Bestimmung der Koordinaten der Beobachtungspunkte durchgeführt. Es werden Rutschungen an den Orten der Tagebaue „Osmosa“ und „Nepomyšl“ beschrieben. Des Weiteren wird die Möglichkeit der Nutzung einer GPS-Apparatur im Netz von Referenzstationen CZEPOS zur Messung von Rutschungen genannt.

• tiskové informace

Diamond Point

Koncem roku 2005 proběhla kolaudace unikátní administrativní budovy ležící v těsné blízkosti pražské severojižní magistrály naproti hotelu Hilton. Projektovým manažerem je společnost Bovis Lend Lease, investorem společnost Karimpol Group. Budova má čtyři podzemní podlaží, ve kterých se nachází přibližně 250 parkovacích míst. Vjezd do parkoviště je řešen z magistrály, výjezd pak ulicí Ke Štvanici. V centrální části dosahuje budova jedenácti nadzemních podlaží, po obou stranách se výška snižuje na deset a osm podlaží. V přízemí jsou vyčleněny prostory pro obchodní jednotky. Celkově objekt disponuje přibližně 18 000 m² moderních kancelářských ploch.



Při stavbě bylo nutné se vypořádat se ztíženými logistickými podmínkami jak při zásobování materiálem, tak s omezenými skladovacími prostory. Budova je doslova „obklíčena“ komunikacemi a samotný pozemek je jen o několik desítek čtverečních metrů větší než půdorys vlastní stavby. Díky ochranné zídce je objekt spolehlivě zabezpečen proti povodním do výšky přesahující téměř o metr hladinu Vltavy v roce 2002. Zároveň je celá spodní stavba řešena jako vodotěsná konstrukce.

K nadstandardnímu vybavení kancelářské budovy patří chladicí stropy. Díky nim dochází pouze k sálení chladu mís-

to obvyklého chlazení prostor prouděním vzduchu ze vzduchotechnických výústek. Až do teploty -5 °C je budova vytápěna ekologickými tepelnými čerpadly, při nižších vnějších teplotách pak klasicky plynovými kotli. Tepelná čerpadla se používají i pro chlazení objektu.

V evropských budovách se promrhá 270 mld. euro za rok

Celkem 40 % energie spotřebované v Evropě připadá na zajištění provozu a vytápění budov. Evropané by tedy měli přemýšlet o tom, jak tento podíl snížit. Zároveň by si však měli položit otázku, zda si úsporná opatření můžeme dovořit. Ve zprávě, kterou vydala asociace EURIMA, najdeme důkazy o tom, že se stále rostoucími cenami ropy si tato opatření nemůžeme nedovolit. Pro asociaci zprávu vypracovala přední konzultační firma Ecofys zabývající se energetikou.

Vzhledem k výraznému zvyšování cen energií by Evropa mohla při nynějších cenách energie ušetřit až 270 mld. euro ročně. Odpovídá to ročnímu daňovému bonusu 640 euro na každého občana EU. Tak vysoké potenciální úspory by neměly nikoho překvapit – Evropa v současnosti spotřebuje každý den na vytápění domácností a kanceláří energii odpovídající více než 6 mil. barelů ropy. Překvapující však je, že poměrně jednoduché opatření, jakým je tepelná izolace střechy a zdí, by pomohlo snížit objem spotřebované energie na ekvivalent 3,3 mil. barelů ropy denně. Tyto úspory mohou navíc vést k omezení emisí oxidu uhličitého o 460 mil. t za rok (tj. více než kolik činí závazek EU v Kjótském protokolu), a zároveň vytvořit až 530 tis. pracovních míst (www.eurima.org). Je nezbytné, aby evropští ministři energetiky požadovali od Evropské komise návrh na rozšířenou direktivu o využití potenciální energetické účinnosti budov.

EURIMA je Evropská asociace výrobců izolačních materiálů, která reprezentuje zájmy hlavních evropských producentů izolace z minerální vlny. Její členové zaměstnávají na 20 tis. lidí v Evropě a objem jejich instalovaných izolačních produktů odpovídá 300 000 člověkorokům.

Geodetický monitoring zavěšené lávky v Radotíně

Ing. Tomáš JIŘIKOVSKÝ
 ČVUT – Fakulta stavební
 Praha

Článek informuje o geodetickém zaměření lávky v Radotíně a o měřické síti pro dlouhodobé sledování chování objektu. Ta byla vybudována v rámci rekonstrukce mostu. Navazující etapová i výzkumná měření této sítě jsou využitelná pro ověření výhodnosti konfigurace a metody měření pro podobné objekty i pro studium reálného chování celé konstrukce.

Úvod

V období podzimu 2003 až jara 2004 se uskutečnila celková rekonstrukce lávky přes řeku Berouнку v Radotíně. Tato architektonicky zajímavá lehká železobetonová konstrukce, 130 m dlouhá a 2,5 m široká, je nesymetricky zavěšena na jednom ocelovém pylonu výšky 15 m (obr. 1). Výška mostovky nad klidnou hladinou je v nejvyšším místě asi 6 m. Do provozu byla uvedena v roce 1991, poskytuje přímé spojení pěším, cyklistům a motocyklistům mezi Radotínem a Zbraslaví. Kromě toho přenáší přes řeku řadu energetických a komunikačních linek. Pro statický posudek a navazující projekt rekonstrukce bylo nutné zaměřit stávající tvar lávky a pylonu.

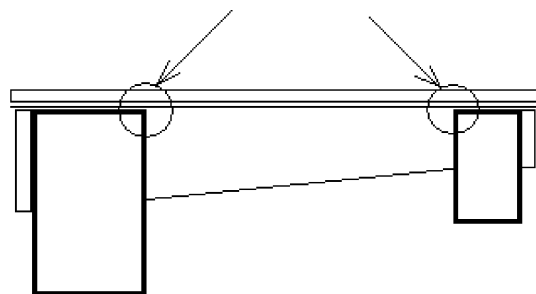


Obr. 1. Celkový pohled na lávku v Radotíně

K určitým odchylkám proti projektu, které však nebyly dosud přesně zaměřeny, došlo již při stavbě mostu, a poté při záplavách v roce 2002 (prohnutí pylonu a posun lávky na radotínské opěře). V roce 1994 provedly Vojenské stavby, a. s., geodetické zaměření skutečného provedení stavby. Jeho přesnost a podrobnost však pro projekt rekonstrukce nestačila, navíc zde byl příliš velký časový odstup. Podrobné geodetické zaměření provedla Katedra speciální geodezie Fakulty stavební ČVUT Praze v prosinci 2003. Následně stejné pracoviště připravilo projekt měření posunů bodů na zavěšené lávce Radotín, tedy návrh vztažných a pozorovaných bodů pro dlouhodobé pravidelné etapové sledování tvarových změn celé konstrukce.

Podrobné zaměření tvaru konstrukce

Při podrobném zaměření tvaru mostovky v prosinci 2003 se určoval průběh horních vnitřních hran dvou hlavních podélných železobetonových nosníků (obr. 2). Měřily se dvojice bodů (pravý, levý) na rozhraní prefabrikovaných mostních segmentů, tzn. po každých 2 m staničení mostu. Body odpovídají místům průniků příčných a podélných nosníků. Aby byla zaručena jednoznačnost umístění cílového odrazného hranolu na měřených bodech, a současně bylo vůbec možné se k bodům dostat (jsou zakryté dřevěným záklopem podlahy), byl navržen a vyroben speciální přípravek – centrační jehla, který měření umožnil. Jehla projde záklopem podlahy a její výřez dosedá na často již olámanou hranu nosníku tak, že se opírá z boku a shora, a je tak vždy nalezena idealizovaná pozice hrany v příčném směru a ve výšce. Podélně jsou měřicí pozice dány prostupy v podlaze u ocelových sloupků zábradlí, které jsou umístěny právě ve spojích segmentů.

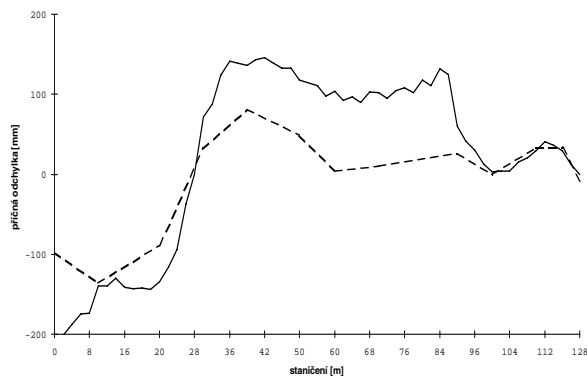


Obr. 2. Příčný řez lávkou s body podrobného zaměření

Pro určení polohy bodů byla použita prostorová polární metoda s využitím totální stanice Topcon GPT-2006 ($\sigma_d = 3 \text{ mm} + 2 \text{ ppm}$, $\sigma_\varphi = 1,8 \text{ mgon}$) a standardního odrazného hranolu Topcon na cílové tyči s našroubovaným přípravkem (centrační jehlou) místo hrotu. Jako stanoviště přístroje byly zvoleny dva dočasně stabilizované body na protějších březích řeky. Po celou dobu měření byla obě stanoviště osazena stativy s trojnožkami Topcon, což vyloučilo chyby z centrací.

Celkem bylo zaměřeno 229 podrobných bodů (na obou stranách mostovky a další významné body), z toho 22 bodů opakovaně dvakrát až čtyřikrát pro kontrolu a pro empirické zhodnocení přesnosti. Dále bylo zaměřeno (s využitím pulsního měření délek na pasivní odraz) 9 dvojic bodů v několika výškových úrovních pylonu podél hran svislých výztuží pro zjištění jeho náklonu či pokrivení. Výsledkem celého zaměření jsou pravoúhlé souřadnice bodů v místní souřadnicové soustavě podrobně charakterizující prostorový průběh obou hran lávky (příčné a výškové odchylky od předpokládaného tvaru, skrut) i tvar pylonu. Výšky jsou přepočteny do systému Bpv podle přípojovacího měření ke dvěma blízkým bodům ČSNS. Dosažené směrodatné odchylky souřadnic jednotlivého bodu na lávce je 14 mm v podélném směru, 6 mm v příčném a 2 mm ve výšce, v poloze osy pylonu cca 9 mm.

Z porovnání výsledků se zaměřením stavby z roku 1994 (Vojenské stavby) je zřejmé, že tehdejší měření bylo méně přesné, obsahovalo méně bodů a zachycovalo především vnější obrys lávky. Po transformaci do stejného souřadnicového systému (podobnostní transformací na sedm identických bodů) a přepočtu na relativní tvar osy lávky poskytl srovnání obou zaměření cenné informace o odchylkách od projektu a změnách tvaru konstrukce za uvedené období. Jak je patrné z obr. 3, osa lávky je výrazně vychýlena od přímky. Odchylka odpovídá směru tahu závěsů od pylonu a dosa-



Obr. 3. Příčné odchylky z původního a nového zaměření (ve staničení 28 a 102 jsou body podepření) - - - - rok 1994, — rok 2003

huje až 146 mm od přímky spojující dva body podepření, to je až o 100 mm více než stav z roku 1994. Od původní projektované přímé mostní osy je to odchylka dokonce až 256 mm (bez přepočtu na body podepření). Také pylon je mírně prohnut a výrazně vychýlen ve směru toku, ve výšce 15 m o celých 278 mm vůči patě.

Nová síť pro monitoring

Na základě výsledku zaměření konstrukce mostu a posouzení statika bylo rozhodnuto o potřebnosti vybudování sítě bodů pro pravidelné a dlouhodobé geodetické pozorování objektu a zjišťování příčných a hlavně výškových změn (především pro posuzování stavu lanových závěsů). Pro sledování výškových změn se obvykle používá přesná nivelace. Na lehké mostovce by však nastaly potíže již s problematickou stabilizací nivelačních značek na vhodných místech (kvůli kabelovým vedením a záklopu) a přesná nivelace je zde téměř nemožná kvůli kyvům a vibracím celé lehké konstrukce. Pro polohové (příčné) změny a odchylky lze využít metodu záměrné přímky, ale problematická by byla opět stabilizace vhodných měřických značek na mostovce.

V úvahu připadaly různé varianty prostorové polární metody s jedním nebo dvěma stanovisky, nebo i s netradičním použitím volného stanoviska. Nakonec byla vybrána polární metoda s použitím jediného pevného stanoviska (díky dobré viditelnosti všech pozorovaných bodů) a několika orientačních a kontrolních bodů. Polární metoda poskytuje ve výsledku prostorové pravouhlé souřadnice každého měřeného bodu, takže lze současně hodnotit výškové i příčné odchylky a změny, v případě potřeby i odchylky a změny podélné (např. vliv teploty na délku mostovky). Při použití přesných totálních stanic, vyloučení vlivu rušivých faktorů (především atmosférických, refrakce) a dostatečně přesného určení pomocných geometrických veličin (excentricity a výšky přístroje) může i poměrně jednoduchá polární metoda poskytnout výsledky vysoké přesnosti. Za nevýhodu zvolené metody a konfigurace může být považována rozdílná přesnost výsledných souřadnic pro každý měřený bod (na rozdíl

od rovnoměrné přesnosti příčné složky u metody záměrné přímky).

Všechny body byly zhotoveny a osazeny až při dokončování stavebních prací během dubna až června 2004, tedy již po dokončení podstatných sanačních prací, při kterých došlo mimo jiné k mírnému odtlačení mostovky od pylonu pro omezení bočního tlaku. Geometrické změny, které nastaly během rekonstrukce, tak již zaměřením nové geodetické sítě nemohly být postiženy.

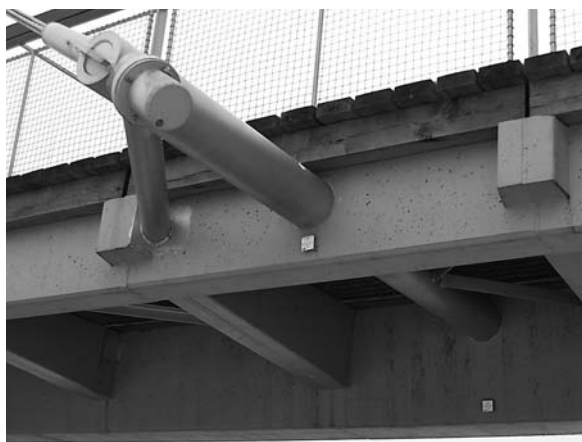
Celkem bylo osazeno 28 pozorovaných bodů při konzolách závěsů a na dalších statikem určených místech (též na spodní stavbě, na opěrách a pilířích), tři body na pylonu, pět orientačních a ověřovacích bodů, čtyři nivelační značky a byl vybudován jeden pevný měřický pilíř – jako stanoviskový bod a současně jako počátek místního pravouhlého souřadnicového systému. Pozorované, orientační a ověřovací body jsou trvale stabilizovány speciálně navrženými nerezovými ocelovými tabulkami 60 x 60 mm (včetně stříšky a centračního důlku) a signalizovány reflexními měřickými cílovými terčíky Leica. Ocelové tabulky jsou vybaveny centračními důlky pro možnost obnovení poškozených či „osleplých“ terčíků beze změny polohy (přesnost obnovení cca 0,4 mm).

Železobetonový měřický pilíř (stanoviskový bod) je 140 cm vysoký, spojený se základovým betonovým kvádrem a třemi šikmými mikropilotami zakotvenými v břidlicovém podloží (hloubka založení 10 m). Moderní (zatím téměř neužívanou) variantou stabilizace bodu na nepříliš vhodném naplaveninovém podloží by mohl být pilíř na „plovoucím“ základovém kvádru (také jedna z původně navrhovaných variant). Ten je spojený s pevnými podkladními břidlicemi nikoli kotvicemi vrty, ale pouze jedním měřicím vrtem. Speciálně vypořádaný měřicí geotechnický vrt má sice menší stabilitu, ale umožňuje přesně zjistit jeho případné pohyby a náklony v horizontálním i vertikálním směru (pomocí inklinometrů a mikrometrů). Projektant rekonstrukce nakonec zvolil výše uvedenou pevnou variantu měřického pilíře, kde odpadá nutnost geotechnických měření. Stabilizace je však dražší. Hlava pilíře je osazena mosaznou centrační deskou s univerzálním upínacím šroubem; z boku pilíře jsou umístěny ještě dvě kontrolní nivelační značky. Vysoká stabilita takto hluboce založeného pilíře je srovnatelná se stabilitou hlavního mostního pilíře, a proto jsou body na obou pilířích považovány za pevné.

Zaměřování nové sítě

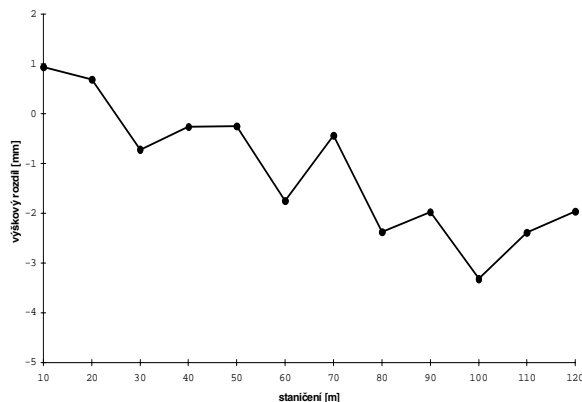
Vztažnými body byl stanoviskový pilíř, body orientační a body na hlavním mostním pilíři. Všechny ostatní do výpočtů vstupují jako body pozorované. Celá osnova směrů (včetně zenitových úhlů a délek) se přitom zaměřuje vcelku, metodou řad a skupin. Pro statiku mostu je důležité prokázat případný vertikální posun ≥ 5 mm. Rozbor přesnosti byl určen počet dvou skupin měření. To platí při požadavku přesnosti výšky bodů do 2 mm a pro použití totální stanice vysoké přesnosti, např. Leica TCA 2003 ($\sigma_d = 1 \text{ mm} + 1 \text{ ppm}$, $\sigma_\varphi = 0,15 \text{ mgon}$). Síť je záměrně budována tak, aby bylo možné ji zaměřit totálními stanicemi různých typů a značek, pouze je třeba rozšířit počet měřených skupin při užití méně přesných přístrojů (obvykle na tři až čtyři skupiny, nutno spočítat podle přesnosti přístroje a zohlednit i přesnost dálkoměru). Při základní etapě byla určena v systému Bpv nadmořská výška měřického pilíře a všech pomocných nivelačních značek přesnou nivelací digitálním nivelačním přístrojem Trimble Zeiss DiNi 12T vzhledem ke dvěma blízkým bodům nivelačního pořadu ČSNS Ai7. Nivelační značky na

spodní stavbě mostního objektu (pilíř a opěry) jsou zaměřovány i polární metodou v rámci celé osnovy. To je možné díky speciálnímu přípravku pro přesné umístění – zavěšení strojírenského odrazného hranolu na nivelační značku. Polohové souřadnice (x, y) jsou definovány jako místní, přičemž osa $+x$ je rovnoběžná s ideální osou lávky. (Pozn.: staničení narůstá v opačném smyslu než u předběžné souřadnicové soustavy podrobného zaměření.)



Obr. 4. Detail měřických značek nové sítě na hlavních nosnících pod konzolami závěsů

Pro srovnatelnost výsledků je třeba měření v dalších etapách provádět výhradně při podmínkách blízkých základnímu stavu, tzn. vyrovnané teplotě prostředí a konstrukce kolem $+10\text{ }^{\circ}\text{C}$, při zatažené obloze a bezvětří. Tento přísný požadavek značně komplikuje plánování měření. Interval pravidelných etap měření byl v projektu navržen na jeden rok, v případě stability během tří po sobě následujících etap je možno interval prodloužit. Dosud bylo provedeno několik zaměření celé sítě: předběžné – bezprostředně po osazení všech měřických značek, pak základní etapa (listopad 2004), poté byla navíc pro výzkum přesnosti měření i zkoumání chování mostní konstrukce provedena další dvě zaměření za různých – extrémních podmínek (při vysoké letní teplotě a při plném přímém oslunění, a naopak při trvalé záporné teplotě v zimě), a plánují se měření další. Je užívána již zmíněná přesná totální stanice Leica TCA 2003, atmosférické parametry pro fyzikální redukce délek se zjišťují digitálními teploměry, barometrem a vlhkoměrem Greisinger. Při mimořádných etapách se navíc proměřuje povrchová teplota konstrukce v různých místech pomocí laserového bezkontaktního teploměru AMIR. Přesná výška přístroje (resp. troj-



Obr. 5. Rozdíl výšky mezi etapami „zima“ ($-11\text{ }^{\circ}\text{C}$) a „léto“ ($+33\text{ }^{\circ}\text{C}$)

nožky totální stanice) na stanoviskovém měřickém pilíři se určuje pomocí speciální vložky do trojnožky a strojírenského hloubkoměru (rozlišovací schopnost je $0,05\text{ mm}$). Přesnost výsledných souřadnic byla vypočtena na základě dvacetkrát opakovaného zaměření tří vybraných bodů ve dvou etapách (v různé vzdálenosti, na pevných částech mostu i na místech ohrožených vibracemi a houpáním). Dosažené hodnoty směrodatných odchylek dobře odpovídají apriornímu rozboru přesnosti měření v projektu, tzn. pro nejnepříznivější případ (nejvzdálenější body) 1 mm ve výšce a $1,8\text{ mm}$ v příčném směru. Dílčí výsledky zaměření etap „zima“ (březen 2005) a „léto“ (červenec 2004), konkrétně rozdíly výšek jedné řady bodů při rozdílu teplot větším než $40\text{ }^{\circ}\text{C}$, jsou uvedeny na obr. 5.

Závěr

Nově vybudovaná geodetická síť lávky v Radotíně bude sloužit zejména pro monitorování geometrického stavu konstrukce. Díky jejím vlastnostem (přístupnosti, malému rozsahu, kvalitní stabilizaci, jednoduchému měření, použitelnosti různých přístrojů atd.) se nabízí využití pro různá experimentální měření, např. ověřování chování mostní konstrukce za různých podmínek, ale také další zkoumání možností uplatnění prostorové polární metody a měřících přístrojů.

Literatura

- [1] Suchá, J.: Zatěžovací zkouška Mariánského mostu v Ústí nad Labem. [Dizertační práce], Praha, ČVUT – Fakulta stavební, 2005.
- [2] Sokol, Š. – Bajtala, M. – Ježko, J.: Bridge Monitoring by Geodetic Methods. [Sborník], konference „INGEO 2002“, Bratislava, pp. 95–102.

Jiříkovský, T.: Geodetic Monitoring of a Suspension Footbridge in Radotín

This paper reports on a detailed geodetic measurement of a footbridge in Radotín and on the geodetic network for long-term monitoring of the structure's performance. The footbridge was built as part of the reconstruction of the bridge. The follow-up phase and research measurements can be used in the verification of the applicability of the configuration and measurement method for similar structures. They can also help to examine the behaviour of the entire structure.

Jiříkovský, T.: Geodätisches Monitoring einer Fußgänger-Hängebrücke in Radotín

Der Artikel informiert über eine detaillierte geodätische Vermessung einer Fußgängerbrücke in Radotín und über ein Messnetz für die langfristige Beobachtung des Verhaltens des Objektes. Dieses Netz wurde im Rahmen der Rekonstruktion der Brücke errichtet. Die anschließenden Etappen- und Forschungsmessungen sind zur Prüfung der Eignung der Konfiguration und der Messmethode für ähnliche Objekte und für das Studium des Verhaltens der ganzen Konstruktion verwendbar.

● recenze

Z dějin stavební mechaniky

V roce 2006 vyšly v Berlíně dvě knihy, které zachycují vývoj stavební a strojní mechaniky ve druhé polovině devatenáctého a v první polovině dvacátého století. To znamená, že popisují vznik a rozmach grafické statiky, a potom i rozvoj předpočítačové mechaniky.

Lehmann, Ch. – Maurer, B.

Karl Culmann und die graphische Statik – Zeichnen, die Sprache des Ingenieurs
(Karl Culmann a grafická statika – kreslení, řeč inženýra)

Ernst & Sohn, Berlin, 2006, 207 s., cena 44,90 Euro

K. Culmann se narodil 10.7.1821 v Bergzabern, tehdy Bavorsko, nyní Pfalz, v rodině protestantského faráře. Navštěvoval kolej Wissenbourgh ve Francii (1835–1836), a poté polytechniku v Karlsruhe (1838–1841). Po studiích vstoupil do státních služeb bavorských, kde se účastnil několika staveb nových drah a mostů. Dráha ho vyslala i na studijní cestu do Švýcarska, Francie, Anglie a USA a později i do Rumunska, o čemž sepsal velmi podrobné zprávy s mnoha výpočty a kresbami. Po návratu opět pracoval u bavorských drah (1850–1855).

Po založení ETH v Curychu r. 1854 se přihlásil na místo prvního profesora pro stavby silniční, železniční, mostní a vodní. Stal se jím v r. 1855 a současně i ředitelem oddělení inženýrské školy. Pak se mohl také oženit. V Curychu prožil celý svůj plodný život, i když se zpočátku toužil vrátit do Mnichova. Po odmítnutí možnosti (prý kvůli malé disciplíně německých studentů) mu bylo přiznáno švýcarské státní občanství a zvýšen plat (jako odměna?). V letech 1872–1875 byl rektorem ETH a v r. 1880 dostal v Curychu čestný doktorát. Byl zde velmi činný vědecky, pedagogicky a známý i svými četnými posudky staveb. Na studijní cestě do Istanbulu dostal zápal plic, kterému podlehl 9.12.1881. K uctění jeho památky mu byl odhalen v hale ETH pomník, který však byl později přestěhován do nové budovy.

Grafická statika má samozřejmě dlouhou historii od řeckých staveb s kořeny v Babylonu až po novověký racionalismus ve Francii. Culmann vycházel hlavně od Ponceleta a řídil se ve své práci hesly „kreslení místo výpočtů, vizualizace, jednoduchost“. Základem grafické statiky je rovnováha sil a momentů, výslednice sil a podobné elementární principy, které doplnil i poznatky z projektivní geometrie. To vše rozvinul na grafická řešení silových polygonů a použil je pro výpočet příhradovin, oblouků, kleneb a opěrných zdí. Vyřešil i dualitu (reciprocitu), ale v tomto směru ho předběhl Cremona, takže Cremonův obrazec je známější než Culmannův. Své poznatky a znalosti shrnul do knihy „Grafická statika“, která vyšla v r. 1861 v jednoduché úpravě, zatímco tištěná v r. 1864 a druhé rozšířené vydání vycházelo od r. 1875 až do r. 1906 (čtvrtý díl). Jak už to v dějinách vědy bývá, první kniha o tomto tématu vyšla krátce před Culmannovou v Berlíně 1864 pro strojní inženýry, aniž by autor F. Reuleau tehdy již velmi známé práce Culmannovy citoval.

Culmann byl velmi oblíben u studentů, ale kritici mu zazlívali, že grafická statika je velmi obtížná pro praktiky a velmi elementární pro matematiky. Nicméně jeho metoda se ve druhé polovině 19. století velmi rozšířila hlavně díky užití při návrhu četných staveb nových drah a mostů. Ovlivnil značně našeho prof. J. Šolína (1841–1912) a díky jemu i

jeho následovníka prof. Z. Bažanta (1879–1954). Z významných žáků Culmannových uvádím jeho nástupce v ETH Tetmajera a bývalého studenta M. Koechlina, který graficky sledoval vliv větru na 2. patro Eiffelovy věže v Paříži a tehdy nejvyšší příhradový most na světě, Garabit. Culmann propagoval také logaritmické pravítko a planimetr.

Ve 20. století s rozvojem vědy a techniky pomalu mizí přednášky o grafické statice z programů vysokých škol, ale u nás se užívají až do padesátých let. Zato v Anglii byla tato metoda rozšířena málo, protože Culmannovy knihy nebyly nikdy přeloženy do angličtiny.

Timoshenko, S. P.

Erringerungen – Eine Autobiographie
(Vzpomínky – autobiografie)

Ernst & Sohn, Berlín, 2006, 374 s., cena 49,90 Euro (překlad z ruštiny)

Životní vzpomínky světoznámého vědce Stěpana Prokofjeviče Timošenka jsou průvodcem po vývoji stavební a strojní mechaniky v první polovině dvacátého století spojené s pohnutým osudem ruského vlastence během oněch neklidných let. Prof. Timošenko se narodil 22.12.1878 ve vsi Špotovka, okres Konotop, gubernie Černigov, nyní Ukrajina. Navštěvoval reálku v Romny (1888–1896) a studoval (1896–1901) prestižní Institut drážních inženýrů v Petrohradě. Po studiu byl zpočátku zaměstnán ve školní laboratoři, ale už tehdy se zajímal o vědeckou práci. V roce 1906 objevil dizertační práci o stabilitě a kroucení tenkostěnného nosníku, kterou započal u Prandtla při studijním pobytu v Göttingenu. Při studiích měl na něj největší vliv matematik A. N. Krylov.

V roce 1906 se stal ve 28 letech profesorem pružnosti a pevnosti na Polytechnice v Kijevě. Zde byl záhy i děkanem, ale byl propuštěn, protože protestoval proti odmítání židovských studentů. Proto se vrátil do Petrohradu, ale už r. 1912 se zde opět věnoval pedagogické činnosti na své alma mater. Během ruské revoluce bloudil po Rusku (Krym, Petrohrad, Rostov) až nakonec byl opět profesorem v Kijevě, kde zakládal Ukrajinskou akademii věd. Po dalších svízelných odjelech na nákladní francouzské lodi ze Sevastopolu do Istanbulu a odtud do Záhřebu. Zde založil katedru pružnosti a pevnosti a ze Záhřebu podnikl i první cestu do Prahy (1921), protože se chtěl seznámit s podmínkami, které zde měli četní ruští profesori a studenti. (Podruhé byl v Praze r. 1929 na návštěvě u svých dvou bratrů, kteří učili na ruské zemědělské akademii v Poděbradech.)

V roce 1922 odjel ze Záhřebu do USA, kde byl zpočátku zaměstnán u soukromé firmy zabývající se vyvažováním kmitajících strojů u ruského emigranta ve Filadelfii. Po seznámení se s americkými poměry přešel k firmě Westinghouse do Pittsburgu (1923), kde pro tuto velkou firmu kromě jiného organizoval i kursy mechaniky pro mladé inženýry. Zde – a vlastně po celý svůj život – pociťoval velký rozdíl

mezi hlubokými znalostmi studentů z matematiky, fyziky a mechaniky v Rusku a povrchními v USA. Ony kursy ho proslavily, takže byl r. 1927 přijat jako profesor na Univerzitu of Michigan, Ann Arbor, kde založil tradici letních kursů o mechanice v USA. V roce 1936 přešel na Stanfordovu univerzitu do Palo Alto, kde učil až do penzijních let r. 1943, ale vyučování (bez katedry) ukončil v r. 1955. Pak se věnoval vydávání svých sebraných spisů a cestování. Zemřel 29.5.1972 ve Wuppertalu.

Prof. Timošenko byl vynikající učitel a řečník. Jak sám říkal: „*Nenarodil jsem se jako matematik, ale její užítí v inženýrských vědách mě velmi zajímalo.*“. Vydal 14 knih o pružnosti, pevnosti materiálů, stabilitě, kmitání, prutech, nosnících, deskách a skořepinách v angličtině, 5 knih v ruštině, 67 článků v angličtině, francouzštině, němčině a 30 v ruštině. Jeho práce jsou velmi oblíbeny na celém světě kvůli jasnému a srozumitelnému výkladu a byly přeloženy do téměř všech světových jazyků (včetně češtiny). O jeho osobě vyšlo zatím 8 knih. Timošenkův výklad začíná jasně formulovanými předpoklady, odvozuje základní diferenciální rovnice, řeší je jednoduchými matematickými metodami a řešení podává velmi srozumitelně inženýrům.

Tím se stal velmi známým po celém světě. Byl mu udělen čestný doktorát na mnoha univerzitách v Evropě i USA a byl zvolen členem četných akademii věd. Vychoval mnoho žáků v Rusku i USA, např. 29 PhD v Michiganu a 9 na Stanfordu. Založil prestižní časopis Journal of Applied Mechanics, často cestoval, účastnil se mnoha kongresů IUTAM a jiných konferencí a všude, kde působil, zakládal laboratoře pro experimentální výzkum v oboru aplikované mechaniky. Osud mu sice připravil těžké podmínky, neboť zažil dvě ruské

revoluce a dvě světové války, ale všechny překážky překonal usilovnou prací, pilí a hlavně svým nadáním. Přitom celý život zůstal ruským vlastencem, ale počítal se již k západní kultuře.

Pisatel této recenze si dovoluje uvést i dvě vzpomínky na prof. Timošenka. Osobně jsem se s ním setkal a krátce i hovořil na 11. kongresu IUTAM v Mnichově 1964, kde se živě zajímal o naše odborné práce v Československu. Tehdy již byl na kolečkovém křesle v doprovodu své dcery Anny. Při příležitosti 12. kongresu IUTAM 1968 ve Stanfordu jsem navštívil jeho pracovnu, kterou zde uchovávají jako pamětní místnost.

Obě zde zmíněné osobnosti světové vědy, prof. Culmann a prof. Timošenko, představují významné vrcholy ve vývoji stavební a strojní mechaniky. Po grafické staticce prvního ze zmíněných osobností přišly diferenciální rovnice, které již používal druhý. Oba jsou také představiteli dvou přístupů vědců k problémům – jedni vyvíjejí a pěstují celý život jednu metodu (např. prof. Culmann) a druhí formulují a řeší mnoho nových problémů s použitím různých metod, které se k dané úloze nejlépe hodí (např. prof. Timošenko). Který z přístupů je významnější, nechť posoudí budoucnost. Vždyť po rychlém rozvoji počítačové mechaniky v posledním půlstoletí, co zbývá z klasického díla Culmannova a Timošenkova? Snad jen Timošenkův teoretický model nosníku, který uvažuje i rotační setrvačnost a vliv smykových sil na dynamickou deformaci nosníku. Nicméně, kdo chce důkladněji studovat vývoj stavební a strojní mechaniky, tomu doporučuji se seznámit s díly a biografiemi obou klasiků.

prof. Ing. Ladislav Frýba, DrSc., Dr. h. c.

• zprávy

Amazon Court

Po úspěchu kancelářských budov Danube House a Nile House začne během několika příštích měsíců výstavba další budovy. Amazon Court je třetí budovou realizovanou v rámci projektu River City Prague podle návrhu dánských architektů SHL (Schmidt, Hammer, Lassen).



Na šesti podlažích nabídne 17 415 m² kancelářských prostor spolu s 254 parkovacími místy v podzemních garážích. Typická velikost kanceláří přesahuje 2 900 m², přizemí má výměru 2 045 m². Budova bude i nadále využívat ekologickou a nízkoenergetickou koncepci, její architektonické řešení bude v souladu s oběma budovami, které získaly řadu prestižních ocenění za design a technické vybavení.

Tisková informace

• osobní zprávy

Vzpomínka na prof. Ing. Antonína Schindlera, DrSc.



V červenci letošního roku jsme se navždy rozloučili s vynikajícím odborníkem v oboru ocelových konstrukcí s prof. Ing. Antonínem Schindlerem, který se dožil v plné duševní síle 86 let, jeho fyzické zdraví ho však v posledních letech opouštělo. Není to tak dávno, kdy u příležitosti jeho 80. narozenin proběhlo velmi vřelé a upřímné

setkání oslavence s tehdejšími děkanem Fakulty stavební ČVUT doc. Lambojem a se členy Katedry ocelových konstrukcí. Všichni jsme vzpomínali na společně prožitá léta. Nyní nám zůstává na prof. Schindlera jen vzpomínka. Vzpomínka na všestranně vzdělaného a nesmírně upřímného člověka, na oddaného a oblíbeného vysokoškolského učitele, na vynikajícího odborníka v oboru ocelových konstrukcí a mostů obzvláště.

Prof. Schindler se narodil v roce 1920 v Plzni v rodině stavebního inženýra. Po absolvování reálného gymnázia v Praze v roce 1939 zahájil studium na ČVUT. Po uzavření českých vysokých škol studium přerušil a nastoupil do zaměstnání u stavební firmy v Praze. Po osvobození v roce 1945 se vrátil na ČVUT a již v roce 1947 inženýrské studium dokončil. Svou kariéru statika a konstruktéra ocelových konstrukcí zahájil u firmy Bářská a hutní, která se postupně přeměnila na Hutní projekt. Zde jako hlavní specialista ocelových konstrukcí se podílel na mnoha projektech a získal obrovské praktické zkušenosti. Nejvýznamnějším jeho projektem byl ocelový plnostěnný obloukový most, v té době největšího rozpětí, přes Vltavu u Žďákova. Na projektu pracoval v letech 1954 až 1957. Jediným hardwarovým prostředkem bylo logaritmické pravitko. Přesto se zrodilo vyni-

kající mostní dílo, které je dodnes uváděno v mostních monografiích po celém světě pro svou jedinečnou architekturu i inženýrskou smělost. Prof. Schindler byl hlavním statikem tohoto mostu. Žďákovský most je bezesporu jeho nejvýznamnějším projektem, ale zdaleka ne jediným. Podílel se na celé řadě dalších mostních konstrukcí. Připomeňme např. spřažené železniční mosty v Praze-Vysočanech, přemostění Masarykova nádraží apod. Vypracoval několik úspěšných soutěžních projektů, řadu posudků a návrhů rekonstrukcí ocelových a ocelobetonových mostů.

Druhá etapa aktivního života prof. Schindlera začala v roce 1958 nástupem na ústav ocelových konstrukcí Fakulty inženýrského stavitelství ČVUT. Záhy obhájil kandidátskou dizertační práci, poté habilitační práci a v roce 1969 doktorskou dizertaci. V roce 1961 byl jmenován docentem a v roce 1972 profesorem. V období 1970 až 1980 byl vedoucím Katedry ocelových konstrukcí a mostů. V profesoru Schindlerovi se rozvinul přirozený talent pro pedagogickou práci. Vždy patřil u studentů k nejoblíbenějším učitelům. Výuka pro něj byla radostí. S největší ochotou předával své mnohaleté zkušenosti, každá otázka studentů byla zodpovězena. Vydal řadu skript a učebnic, které jsou dodnes využívány při navrhování ocelových mostů. Jeho publikační činnost byla nesmírně rozsáhlá. Aktivně se zúčastňoval konferencí a působil v řadě odborných komisí u nás i v zahraničí. Vychoval řadu vědeckých aspirantů. Výčet jeho aktivit by byl dlouhý a není cílem této vzpomínky.

Prof. Schindler zůstane navždy v paměti všech, kteří měli to potěšení s ním pracovat nebo byli jeho žáky, zapsán jako vynikající odborník v oboru ocelových konstrukcí a jako čestný a ušlechtilý člověk. Tato vzpomínka bude trvalá.

doc. Ing. Tomáš Rotter, CSc.

Nový zdroj informací

V říjnu 2006 byl zahájen provoz nového informačního serveru, vytvořeného a plánovaného původně jako databáze firem a výrobků ve stavebnictví. Brzy po spuštění byla na základě ohlasů přidána sekce požadavky po produktech a činnostech a stavební noviny. Informace jsou určeny jak pro širokou veřejnost, tak pro odborníky. Registrace je možná kdykoli na základě správně vyplněného a odeslaného dotazníku.



www.stavbaserver.cz

• dizertace



Dráhová dynamika umělých družic a analýza drah družic

Ing. Kamil Endrš

Hlavním tématem je rezonance družic GPS NAVSTAR, resp. její možnosti a limity. V práci bylo dosaženo limitů, za které se nebude možné dostat ani v budoucnosti.

Analýza dat systému DORIS

Ing. Petr Štěpánek

Práce je přínosem nejen k problematice dopplerovského pozorování systému DORIS, ale i v celosvětovém měřítku. Měření systému jsou implementována do bernského softwaru GPS.

• veletrhy

BAU 2007

15.–20. ledna 2007, Mnichov



BAU 2007
15.–20. JANUAR 2007
NEUE MESSE MÜNCHEN

Rozsáhlý doprovodný program vedoucího stavebního veletrhu pod názvem „Obnova staveb“ propojí iniciativy kolem sanace, renovace a modernizace. Pod heslem „Tržiště obnovy staveb“ se budou konat přednášky, semináře a workshopy na téma diagnostika budov; bezbariérové stavby; rozpoznávání škod, odstraňování nedostatků; energeticky úsporné budovy; předpisy a zákony pro modernizaci budov; financování a podpora atd.

■ **Energeticky efektivní stavby** jsou tématem kongresu, na němž odborníci poreferují o zkušenostech se zaváděním příslušné evropské směrnice do praxe a představí nové technologie tohoto oboru. V rámci podpory vývoje produktových nápadů a konstrukcí pro speciální použití při obnově budov bude udělena „Cena za inovace produktů“. Na ostrůvku pro výzkum budou prezentovány náměty i výsledky výzkumu a také možnosti veřejné podpory.

■ **Výtahy a pohyblivé schody** – těžištěm prezentace je otázka, jak mohou být inteligentní řešení výtahů integrována do celkového architektonického konceptu. Zvláštní pozornost je věnována stavebním a rekonstrukčním zásahům do stávajícího domovního fondu, údržbě a facility managementu.

■ **Solární horizonty** – v popředí zájmu bude estetická integrace solární techniky do architektury budov.

■ Krajinné architektury, městskému mobiliáři a venkovnímu osvětlení je věnován samostatný výstavní obor **Urban Design**.

■ Trend směřující k „inteligentní“ fasádě je v popředí prezentace skla **Visions of Glass**.

■ Fórum **ClimaDesign Meets Vision of Glass** bude prezentovat ucelené koncepty a technologie, systémy a produkty vztahující se k tématům trvalá výstavba, transparentní pláště budov a použití skla ve stavebnictví. Tématem přednášek budou stavby přiměřené klimatu, domy budoucnosti; výzva skleněných konstrukcí; nové materiály, technologie, systémy; inovace pro pláště budov; bezpečnost a ochrana budov; nový věk energie bez ropy a plynu. Cílem je podpo-

řit interdisciplinární výměnu mezi architekty, svazy a odborníky z průmyslu, hospodářství a vědy.

■ **Bezpečné použití elektricky poháněných stavebních prvků** – přehledka aspektů projektování, výroby a provozu automaticky poháněných dveří a oken

■ **BAU IT softwarová a hardwarová řešení pro stavebnictví** – výstava, prezentace a přednášky k aktuálním tématům

■ Ve fóru **Makroarchitektura** budou diskutovat představitelé průmyslu a architektury o nových površích, materiálech a produktech.

■ **Material Skills** – výstava věnovaná vývoji materiálů, které se využívají v jiných oborech, jako v automobilovém průmyslu nebo kosmonautice, a které by pro stavebnictví mohly představovat zajímavou alternativu.

■ **Architect's Corner**, označené vlastním logem, poskytují speciální servis pro architekty, stavební projektanty a inženýry.

Na 2 000 vystavovatelů ze 40 zemí bude prezentovat inovační produkty, techniky a systémy na největším evropském veletrhu stavebních hmot. Veletrh tak v sedmnácti veletržních pavilónech pokryje celé výstaviště v rozloze 180 000 m². Díky rozsáhlé kampani se očekává hodně přes 190 tis. návštěvníků. Podrobné informace, zlevněné vstupenky a katalogy lze získat u oficiálního zastoupení veletržních společností Messe München Int. pro ČR a SR agentury Expo-Consult+Service.

www.expocsz

www.bau-muenchen.com



• zprávy

Nové pavilony Jedličkova ústavu

Symbolickým vysazením mladé jedle počátkem září slavnostně otevřel pražský primátor Pavel Bém dva nové pavilony Jedličkova ústavu. Areál poskytující komplexní výchovně vzdělávací a rehabilitační péči dětem a mládeži s tělesným postižením se rozrostl o rehabilitační pavilon a pavilon nezávislého bydlení, které nahradily dočasné a značně opotřebované teskopavilony. Komplexní rekonstrukce celého areálu a otevření nových pavilonů je dalším krokem v systematické pomoci města handicapovaným občanům na území metropole.



Jedličkův ústav a Základní škola a Střední škola, jak se dnes tato příspěvková organizace města Prahy jmenuje, působí na Vyšehradě již od roku 1913. Během devadesátileté historie se dvakrát uvažovalo o přestěhování ústavu na okraj Prahy. V období socialismu se k pěkné klasicistní budově školy „přilepily“ pouze čtyři provizorní teskopavilony. K zásadní změně došlo ve druhé polovině devadesátých let, kdy město podpořilo koncepci dostavby celého areálu a po rekonstrukci původních budov se před čtyřmi roky přistavěl bazén. V současné době byla dokončena druhá etapa,

kteřá zahrnovala výstavbu rehabilitačního pavilonu a pavilonu nezávislého bydlení.

Objekty sloužící jak k zájmové činnosti, tak k celkové rehabilitaci vznikly na místě proluky mezi stávajícími budovami. Architektonicky plně korespondují s původní zástavbou v okolí. Svou specifickou náplní jsou rozděleny na dva téměř samostatné celky propojené prosklenými komunikačními krčky a bezbariérovými výtahy. Nové objekty dále navazují na stávající ubytovací prostory, které byly v průběhu stavby rekonstruovány.

Rehabilitační pavilon tvoří pět nadzemních podlaží. Suterénní prostory jsou vyhrazeny pro hydroterapii a technické zázemí. V prvním nadzemním podlaží se pak nacházejí administrativní prostory, recepce, prádelna a prodejna kompenzačních pomůcek. Ve druhém až pátém poschodí se nacházejí vyšetřovny, herny, rehabilitace a odborná pracoviště s potřebnými kancelářskými plochami.

Pavilon nezávislého bydlení tvoří rovněž pět nadzemních podlaží. V suterénu jsou umístěna nezbytná technologická zařízení a sklad. V prvním podlaží byla vytvořena příjemná klubová kavárna se sociálním zařízením. Malé účelně vybavené bytové jednotky jsou umístěny v následujících podlažích.

Oba pavilony mají bezbariérové vstupy přes speciální rampy, rovněž komunikace v objektech je bezbariérová. Budovy vyhovují nejpřísnějším lékařským kritériím a provozním potřebám. Komfortní vybavení a množství společenských místností zlepší klientům Jedličkova ústavu podmínky pro integraci do společnosti.

Autorem projektu je akademický architekt Jiří Lasovský, investorem Magistrát hl. m. Prahy, odbor městského investora. Stavební práce provedla Skanska CZ Divize Pozemní stavitelství v období od listopadu 2004 do května 2006. Projektovatel Ateliér PORTICUS, s. r. o.

Tisková informace

Stavební obzor na CD

Ročníky

2002, 2003, 2004, 2005

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

Cena:

1 ročník na CD

včetně krabičky a přebalu 400 Kč
poštovné + balné (dobírka) 100 Kč

Objednávky:

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

• zprávy

Rekonstrukce Rock Café



Rekonstrukci populárního rockového klubu Rock Café na pražské Národní třídě zahájila v polovině března tohoto roku společnost Arwen. Vlastník objektu, Městská část Praha 1, se k tomuto kroku odhodlala na popud nájemníků domu, kteří si často stěžovali na přemíru hluku. Sál v horním patře klubu bude po stavebních úpravách připraven pro kulturní akce, výstavy a promítání filmů. Velké koncerty se přesunou do podzemí, kde speciální akustické vyzdívky výrazně omezí hlučnost. Kromě únikových východů a bezpečnostních požárních čidel zde bude instalováno i speciální požární větrání s odtahem tepla a kouře. Celý prostor bude klimatizován.

Tisková informace

STAVEBNÍ OBZOR

ROČNÍK 15 ČÍSLO 10/2006

Navigace v dokumentu

OBSAH

Vácha, J. Ocelová konstrukce stanice metra Střížkov	290
Pirner, M. Nové poznatky o dynamice lávek	294
Králík, M. Fyzikální modelování stupňovitého a hladkého skluzu	304
Křemen, T. – Pospíšil, J. – Kašpar, M. Nové technologie pro řízení zemních strojů	307
Peterková, V. Anglicko-český slovník ekologie a životního prostředí V	311
REJSTRÍK	I – VI

10 • 2006

ročník 15

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

Vácha, J.

Ocelová konstrukce stanice metra Střížkov 290

Pirner, M.

Nové poznatky o dynamice lávek 294

Králík, M.

Fyzikální modelování stupňovitého a hladkého skluzu 304

Křemen, T. – Pospíšil, J. – Kašpar, M.

Nové technologie pro řízení zemních strojů 307

Peterková, V.

Anglicko-český slovník ekologie a životního prostředí V 311**REJSTŘÍK I – VI****CONTENT**

Vácha, J.

Steel Structure of Metro Station 290

Pirner, M.

New Data on Footbridges Dynamics 294

Králík, M.

Physical Modelling of a Stepped and Smooth Chute 304

Křemen, T. – Pospíšil, J. – Kašpar, M.

New Technologies for Earth Working Machinery Control 307

Peterková, V.

English-Czech Dictionary of Ecology and Environment V 311**REGISTER I – VI****INHALT**

Vácha, J.

Die Stahlkonstruktion der U-Bahn-Station Střížkov . . 290

Pirner, M.

Neue Erkenntnisse über die Dynamik von Fußgängerbrücken und anderen leichten Brücken 294

Králík, M.

Physikalische Modellierung einer stufenartigen und einer glatten Rutschung 304

Křemen, T. – Pospíšil, J. – Kašpar, M.

Neue Technologien zur Steuerung von Erdbaumaschinen 307

Peterková, V.

Englisch-Tschechisches Wörterbuch der Ökologie und der Umwelt V 311**REGISTER I – VI****REDAKČNÍ RADA****Předseda:**

prof. Ing. Jiří STUDNIČKA, DrSc.

Místopředseda:

doc. Ing. Alois MATERNA, CSc.

Členové:

doc. Ing. Pavel HÁNEK, CSc.

doc. Ing. Vladimír JELÍNEK, CSc.

Ing. Jiří KALA, Ph. D.

doc. Ing. J. KORYTÁROVÁ, Ph. D.

Ing. Karel KUBEČKA

doc. Ing. Ladislav LAMBOJ, CSc.

doc. Ing. Jaroslav NOVÁK, CSc.

doc. Ing. Luděk NOVÁK, CSc.

doc. Ing. Miloslav NOVOTNÝ, CSc.

doc. Ing. Miloslav PAVLÍK, CSc.

prof. Ing. J. PROCHÁZKA, CSc.

Ing. Vlastimil ROJÍK

Ing. Karel SVOBODA

doc. Dr. Ing. Miloslav ŠLEZINGR

Ing. Milan ŠMAK, Ph. D.

Ing. Ludvík VĚBR, CSc.

doc. Ing. Josef VITÁSEK, CSc.

prof. Ing. Jiří WITZANY, DrSc.

Ing. Renata ZDAŘILOVÁ

STAVEBNÍ OBZOR, odborný měsíčník, vydává Fakulta stavební ČVUT Praha společně s Fakultou stavební VUT Brno, Fakultou stavební VŠB TU Ostrava, Českou komorou autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě a Českým svazem stavebních inženýrů. Řídí redakční rada, vedoucí redaktorka Marcela Klímová. Adresa redakce: Thákurova 7, 166 29 Praha 6, tel./fax: 224 354 596, klimova@fsv.cvut.cz, http://web.fsv.cvut.cz/obzor. Vychází každý měsíc kromě července a srpna, cena za výtisk je 40 Kč včetně DPH (+ poštovné a balné). Objednávky odběru i reklamace přijímá Ing. Milan Gattringer, MG DTP, Borovanská 3388, 143 00 Praha 4, tel./fax: 241 770 220, e-mail: mgdtp@volny.cz. Odběr je možné zrušit až po vyčerpání zaplaceného předplatného. Inzerce adresujte redakci. Technická redakce a realizace: Ing. Milan Gattringer. Podávání novinových zásilek povoleno Ředitelstvím pošt Praha, č. j. NP 144/1994, ze dne 21. 10. 1994. Do sazby 6. 11. 2006. Nevyžádané rukopisy se nevracejí.

INDEX 47 755, ISSN 1210-4027

Ocelová konstrukce zastřešení stanice metra Střížkov

Ing. Jaroslav VÁCHA
Excon, a. s.
Praha

Architektonické řešení nadzemní části nově budované stanice metra Střížkov z dílny architekta Kotase je unikátní nejen z hlediska celkového ztvárnění konstrukce, ale i z hlediska přísných požadavků na precizní řešení všech detailů. Přenesení vize architekta do podoby reálné ocelové konstrukce bylo náročné pro všechny účastníky realizace od zpracování statického návrhu přes zhotovení dílenské dokumentace až po výrobu a konečnou montáž. O tom, jak se skutečná konstrukce přiblížila představám architekta, je možné se od konce září (kdy byla montáž primární ocelové konstrukce dokončena) přesvědčit na pražském Proseku, na křižovatce ulic Vysočanské a Lovosické. V příštím roce se bude montovat skleněný plášť střechy a stěn, a současně se bude dokončovat podzemní část stanice metra.

Statický systém ocelové konstrukce

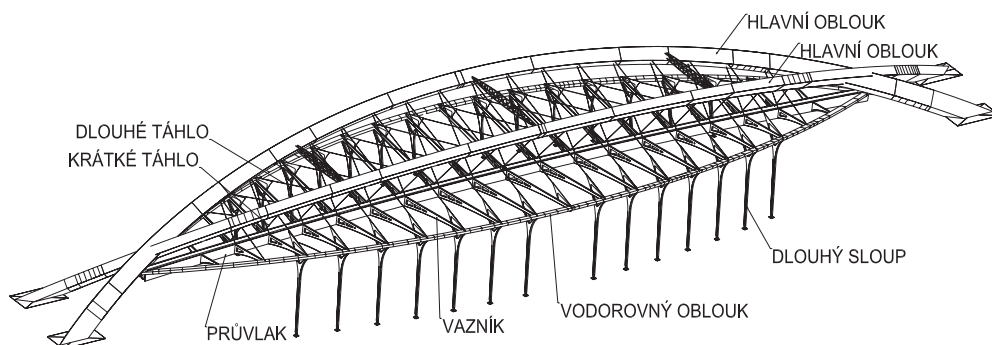
Zastřešení stanice metra je řešeno jako velkorozponové bez vnitřních podpor. Základní rozměry jsou 160 x 42 m při maximální výšce konstrukce 20 m nad terénem. Hlavním nosným prvkem jsou dva vetknuté oblouky na rozpětí 160 m ve směru podélné osy kolejiště, které se vzájemně kříží na začátku a konci stanice.

Profily hlavních oblouků jsou komůrkové o rozměrech od 3 000 x 1 500 mm ve vetknutí po 1 500 x 1 500 mm ve vrcholu (profil z plechů tl. 20 až 35 mm). Vetknutí je realizováno do nadzemních železobetonových pylonů soustavou kotev M64 vlepených do betonu do hloubky 1 000 mm (26 kotev pro každé kotvení). Na hlavních obloucích je zavěšena konstrukce zastřešení (průvlak, vazníky, krajní oblouky).

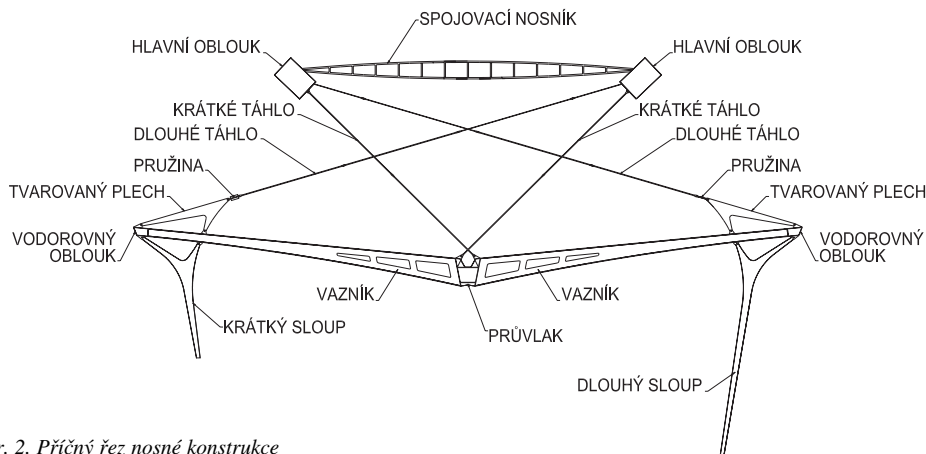
V ose kolejiště je průvlak délky cca 130 m, který je na koncích vetknut do křížení hlavních oblouků. Profilem průvlaku je lichoběžníková komůrka výšky 1 800 mm a šířky 900 až 1 600 mm z plechů tloušťky od 10 do 20 mm (horní pás průvlaku ve tvaru koryítka tvoří odvodňovací žlab celé střechy o ploše přes 3 000 m²). K podélnému průvlaku jsou symetricky připojeny příčné vazníky v rozteči 6 m. Vazníky délky 7 až 21 m tvoří komůrkové profily proměnné výšky od 500 do 1 800 mm z plechu tloušťky 12 až 15 mm. Z architektonických důvodů je většina vazníků vylehčena jedním až třemi otvory.

Po obvodu střešní konstrukce jsou tzv. vodorovné oblouky (ve skutečnosti prostorově zakřivené), které tvoří druhou podporu střešních vazníků. Jejich profil je lichoběžníková komůrka výšky 500 mm a šířky od 700 do 960 mm. Podél okraje střechy je konstrukce podpírána obvodovými sloupy ve tvaru nesymetrického Y. Na jedné straně mají sloupy výšku cca 7 m a na druhé straně cca 14 m. Profil sloupů je svařovaný ve tvaru I z plechu tl. 12 až 22 mm. Výška profilu sloupu je proměnná od 250 mm dole do 500 mm v místě styku dřívku a horních dvou ramen. Střešní plášť je tvořen izolačním dvojsklem podpíraným systémem ocelových vaznic a krokví z tenkostěnných uzavřených profilů. Vše je zřejmé z obr. 1.

Střešní konstrukce je do hlavních oblouků zavěšena dvojitá soustava táhel. Hlavní nosnou funkci mají táhla průřezu M48, na kterých je z hlavních oblouků zavěšen střední průvlak. Tato tzv. krátká táhla mají délku od 7 do 15 m a sklon cca 45°. Druhá soustava je tvořena tzv. dlouhými táhly M30 délky od 11 do 23 m ve sklonu 30°. Jsou použita táhla Macalloy z vysokopevnostní oceli S460. Dlouhá táhla mají doplňkovou funkci a pro zmenšení jejich namáhání jsou použity vinuté pružiny (které zároveň tvoří zajímavý architektonický detail). Pružiny mají nosnost 180 kN, tuhost 1 MN/m



Obr. 1. Schéma nosné konstrukce



Obr. 2. Příčný řez nosné konstrukce

a jsou svinuty z drátu o průměru 55 mm (systémová délka pružiny je 750 mm, vnější průměr 285 mm a hmotnost 120 kg). Pro systém pružiny s táhlem byla potřebná tažná pružina, z výrobních důvodů však byla použita pružina tlačná a tahová síla táhla je na tlak převedena nůžkovou klecí z korozi-vzdorné oceli (obr. 2).

Konstrukce je kromě vlastní tíhy a klimatického zatížení (sníh, vítr) velmi významně ovlivňována změnou teploty. Z analýzy vyplynulo, že hlavní oblouky na rozpětí 160 m (na kterých je konstrukce střechy zavěšena) mají menší tuhost než zavěšený systém průvlaků a vazníků s obvodovými sloupy a při snížení teploty konstrukce by proto došlo k takovému poklesu hlavních oblouků, že by táhla nebyla funkční. Proto je bylo nutné předepnout tak, aby i při nejmenší reálné teplotě byl v táhlech tah. Maximální celkové síly (včetně předpětí) v krátkých táhlech M48 jsou 670 kN a v dlouhých táhlech M30 160 kN.

Předpínání krátkých táhel nadvýšením průvlaků

Krátká táhla M48 mají nosnou funkci a byla v rámci montáže předpínána dvoufázově. Hlavní oblouky byly montovány z dílců až 24 m dlouhých pomocí montážních podpor. Po dokončení montáže oblouků byly podpory demontovány a hlavní oblouky se staly samonosnými. Poté byla na montážních podporách smontována celá konstrukce střechy. Montážní podpory byly umístěny pod průvlakem, vodorovné oblouky byly podpírány definitivními sloupy. Montáž probíhala od obou konců ke středu stanice. Pro vnesení předpínacích sil do táhel byla zvolena aktivace dotažením napínacích kusů na záměrně zdeformované konstrukci. Pomocí hydraulických lisů byl nadvýšen průvlak na jednotlivých montážních podporách o 30 až 130 mm. Maximální svislé reakce na podporách byly kolem 1 000 kN (při spojitém působení průvlaků). Vzhledem k nerovnoměrnostem při postupném zvedání konstrukce jednotlivými lisami (celkem byl průvlak nadvýšován na 8 podporách) musely být použity lisové nosnosti až 150 t a nadvýšování bylo prováděno po jednotlivých krocích v rozmezí od 8 do 30 mm. Po nadvýšení průvlaků byla bez aktivace namontována krátká táhla (celkem 34 kusů). Výpočtem bylo stanoveno, že pro teplotu konstrukce 10 °C je nadvýšení dostatečné pro vnesení požadovaných předpínacích sil. Montáž táhel probíhala v srpnu při minimálních nočních teplotách kolem 15 °C a maximálních denních teplotách až 35 °C. Dotažení táhel proběhlo v noci mezi druhou a pátou hodinou ránní, kdy byla teplota nejnižší.

Po dokončení předepnutí se během dne konstrukce ohřála až na 30 °C. Ohřevem se zdeformovala ve svislém směru tak, že se sama zvedla z lisů montážních podpor a ty bylo



Obr. 3. Montážní podepření průvlaků

možné snadno vyjmout. Vzhledem k vyšší teplotě při předpínání bylo dosaženo pouze 60 až 70 % potřebných předpínacích sil. Větší nadvýšení (které by odpovídalo minimální noční teplotě konstrukce 15 až 16 °C) však nebylo možné provést. Montážní podpory byly postaveny v prostoru budoucího kolejiště na železobetonových stropech suterénu, jejichž únosnost byla vyčerpána reakcemi montážních podpor 1 000 kN. Další nadvýšování pro teplotu kolem 15 °C by však tyto reakce zvýšilo až na 1 600 kN. Z časových důvodů postupu montáže také nebylo možné posunout předepnutí táhel na období s nižší teplotou. Proto bylo nutné provést druhou fázi předpínání pomocí speciálního hydraulického zařízení. Situaci při nadvýšování konstrukce ukazují obr. 3 a obr. 4.



Obr. 4. Detail lisu nosnosti 150 t pod průvlakem

Předpínání dlouhých táhel stlačením pružin

Po prvním kole předpínání krátkých táhel byla montována a předpínána dlouhá táhla z profilu M30. Potřebné předpínací síly byly vneseny pomocí pružin osazených mezi táhlo a tvarovaný plech na vazníku. Pro jednotlivá táhla byly vypočteny předpínací síly 60 až 100 kN. Na pružiny byla nasazena speciální klec (obr. 5), ve které se pomocí čtyř závitových



Obr. 5. Pružina v napínací kleci

tyčí stlačila pružina na vypočtenou délku (bylo potřebné stlačení až o 130 mm). Stlačená pružina byla namontována spolu s táhlem, a poté byla klec demontována. Roztažením pružiny došlo k vnesení předpínací síly do táhla. Tento způsob předpínání se ukázal jako vysoce efektivní, protože tím bylo v dlouhých táhlech dosaženo požadovaných předpínacích sil bez nutnosti dalšího dopínání. Záběry z montáže jsou na obr. 6 a obr. 7.



Obr. 6. Montáž dlouhého táhla



Obr. 7. Aktivovaná pružina s táhlem

Předpínání krátkých táhel technotensionerem

Po dokončení předpínání dlouhých táhel bylo zahájeno definitivní dopínání krátkých táhel. Speciální hydraulické předpínací zařízení „technotensioner“ firmy Macalloy (obr. 8) umožnilo vnést do táhla tahovou sílu o velikosti rovné až 60 % únosnosti průřezu (pro táhla M48 byla maximální možná předpínací síla cca 420 kN, maximální potřebná pak 380 kN). Dopínání se muselo provádět nanejvýše odpovědně, protože technotensioner neumožňuje snižovat sílu v táhle (pouze zvyšovat). Velikost předpínacích sil pro jednotlivá táhla a pro jednotlivé kroky byla stanovena podrobným výpočtem.



Obr. 8. Technotensioner osazený na táhle

Při předpínání jednoho táhla se ovlivňují i sousední. Výrazné to je zejména u tří táhel na každou stranu od táhla dopínaného. Toto vzájemné ovlivňování bylo závislé na velikosti předpětí jednotlivého táhla před dopínáním a na jeho poloze v konstrukci (podle polohy v konstrukci jsou táhla dlouhá od 7 do 15 m, nejkratší jsou na tužších koncích konstrukce, nejdelší pak v méně tuhém středu konstrukce). V rámci definitivního dopínání bylo nutné zvětšit sílu v jednotlivých táhlech až o 100 kN. Pro vnesení dostatečných předpínacích sil se toto předpínání provádělo ve dvou krocích. Pro každý krok bylo nejprve předepnuto střední táhlo, a pak se postupovalo ke krajům. Významným faktorem pro stanovení předpínací síly byla teplota v době provádění, tj. v polovině září. Změnou teploty konstrukce mezi rámem (14 až 15 °C) a odpolednem (28 až 30 °C) se měnila síla v táhlech podle jejich polohy o 20 až 50 kN. Proto byl postup předpínání korigován tak, aby se největší síly vnašely do táhel v ranních hodinách (vzhledem k náročnosti osazování technotensioneru na jednotlivá táhla nebylo možné dopínat táhla v noci). Po druhém kole dopínání byla konstatována dostatečná shoda mezi výpočtem modelem (řešeno systémem Nexis) a skutečným stavem konstrukce (obr. 9).



Obr. 9. Předpjatá táhla

Měření velikosti předpínacích sil

Po celou dobu předpínání konstrukce se snímaly a průběžně vyhodnocovaly síly v táhlech. Na všech krátkých táhlech a na každém druhém dlouhém táhle byly nalepeny tenzometry. Ve spolupráci s ÚTAM síly v táhlech on-line vyhodnocovala měřicí stanice, do které byly zapojeny. Síly v krátkých táhlech navíc kontroloval měřič, který je součástí napínacího zařízení. Velikost sil z obou zdrojů byla srovnatelná. Síly v dlouhých táhlech se kromě tenzometrů kontrolovaly přepočtem ze změřené velikosti stlačení pružiny. Takto získané hodnoty sil se ukázaly jako přesnější, protože tenzometrem nebylo v případě dlouhých táhel možno změřit počáteční sílu vyrovnávající deformaci extrémně dlouhého táhla od vlastní tíhy (rozdíly činily až 20 %). Po dvou kolech dopínání byla konstatována dostatečná shoda s výpočtním modelem a dopínání bylo ukončeno. V současné době jsou tenzometry se spojovacími kabely na táhlech ponechány, protože se za nízkých teplot provede ještě srovnávací měření (předpokládá se konec listopadu 2006). Vzhledem k dosažené shodě mezi skutečností a výpočtním modelem se předpokládá shoda i u tohoto zimního měření, kdy jsou síly v táhlech nejmenší.



Obr. 10. Celkový pohled z ulice Vysočanské

Závěr

Primární ocelová konstrukce stanice metra Střížkov byla z hlediska modelování s ohledem na požadovaný tvar a použité profily (obr. 10) pro statickou analýzu velmi složitá. Základní tvary byly převzaty z prostorového modelu vizualizace konstrukce od architektů. Výstup ze statické analýzy byl naopak použit jako vstupní data pro prostorové modelování celé konstrukce v systému pro tvorbu dílenské dokumentace. Základní údaje o konstrukci jsou uvedeny v tab. 1.

Tab. 1. Základní údaje o konstrukci

hmotnost ocelové konstrukce	cca 1 000 t
místo stavby	sídlíště Prosek, Praha 8
účel stavby	stanice metra na úseku trasy C
investor	Dopravní podnik Hl. m. Prahy
architektonické řešení	Ing. arch. Patrik Kotas
statické řešení konstrukcí:	
ocelových	Ing. Jaroslav Vácha, EXCON, a. s.
betonových	Ing. Jan Kelfísek, Metroprojekt Praha, a. s.
stavební řešení	Ing. Jaroslav Sedmidubský, Metroprojekt, a. s.
generální projektant	Metroprojekt Praha, a. s.
generální dodavatel	Metrostav, a. s., div. 7
technické řešení výroby, montáže a předpínání včetně dílenské dokumentace	EXCON, a. s.
výroba	Exconsteel, a. s., Metrostav, a. s., div. 7, Vítkovice Heavy machinery, a. s.
montáž	Metrostav, a. s., div. 7
realizace	03–09/2006

Vácha, J.: Steel Structure of Střížkov Metro Station

The architectural design of the superstructure of the newly constructed Střížkov metro station designed by architect Kotas is unique not only from the perspective of the entire design of the structure, but also from the perspective of strict demands on the refined solution of all details. The transformation of the architect's vision into a real steel structure was demanding for all participants in the project, from the preparation of the structural design, through the technical documentation, to the production and final assembly. The correspondence of the real structure and the architect's visions can be viewed in Prague Prosek, at the crossroads of Vysočanská and Lovosická streets. Next year, a glass sheathing of the roof and the walls will be mounted. At the same time, the underground part of the metro station will be finished.

Vácha, J.: Die Stahlkonstruktion der U-Bahn-Station Střížkov

Die architektonische Lösung des oberirdischen Teils der neu erbauten U-Bahn-Station Střížkov aus der Werkstatt von Architekt Kotas ist nicht nur hinsichtlich der Gesamtgestaltung der Konstruktion, sondern auch angesichts der strengen Anforderungen an die präzise Lösung aller Details einzigartig. Die Übertragung der Vision des Architekten in die Form einer realen Stahlkonstruktion war für alle an der Realisierung Beteiligten von der Erarbeitung des statischen Entwurfs über die Anfertigung der Werkstattunterlagen bis zur Fertigung und Endmontage der Konstruktion anspruchsvoll. Darüber, wie sich die tatsächliche Konstruktion den Vorstellungen des Architekten angenähert hat, kann man sich in Prag-Prosek an der Kreuzung der Straßen Vysočanská und Lovosická überzeugen. Im kommenden Jahr wird der verglaste Teil des Daches und der Wände montiert und gleichzeitig der unterirdische Teil der U-Bahn-Station fertig gestellt.

Nové poznatky o dynamice lávek

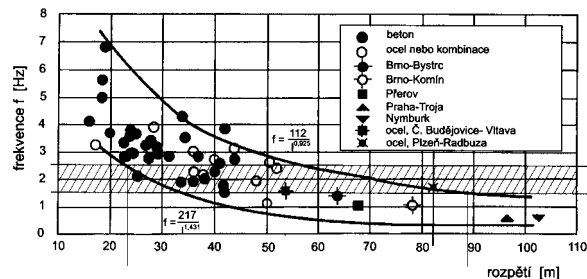
prof. Ing. dr. h. c. Miroš PIRNER, DrSc.
Ústav teoretické a aplikované mechaniky AV ČR
Praha

Cílem článku je předvést odborné veřejnosti nejnovější zkušenosti v oboru lávek. V textu jsou teoretická řešení, a zejména výsledky experimentů na skutečných dílech. Zmíněna jsou také modelová řešení a souvislost s projektem MOSTDYN.

1. Úvod

V ČR i v zahraničí v posledních letech minulého a počátečních jednadvacátého století rychle přibýlo lávek. Vytvářejí spojení pro snadné dosažení cíle pěšky nebo na kole [30]. Zatímco konstrukce mostu je navrhována na stálé zatížení zvětšené dynamickým součinitelem a není posuzována z hlediska komfortu uživatele, konstrukce lávky musí vyhovovat statickému, a zejména dynamickému zatížení. Dynamická odezva musí splňovat i požadavek komfortu chodce, vyjádřeného obvykle zrychlením odezvy. Od roku 1970 do současnosti laboratoře dynamiky TZÚS a ÚTAM AV ČR ověřily asi patnáct lávek různých typů, a to buď skutečné konstrukce, nebo jejich dynamické, popř. aeroelastické modely. Zkoušky prověřily zejména velikost odezvy a modely poskytly informace o účincích větru.

Předpisy a normy [5], [8], [9], [26] a další doporučují vyvarovat se takových konstrukcí, jejichž vlastní frekvence jsou v mezích 1,6 až 2,4 Hz a dále 3,5 až 4,5 Hz (druhý obor je v normách uváděn vzhledem k možnosti vzniku rezonance s buzením ve druhé harmonické). Tyto požadavky však není možné vždy splnit. V obrázku 1 je vyšrafovaný pás, kterým procházejí křivky vyjadřující pravděpodobnou dolní a horní hranici vlastní frekvence lávky. Z jejich průsečíků s pásem plyne, že lávky o rozpětí (jedno pole nebo hlavní pole) 23 až 89 m tento požadavek splnit nemohou. Většina zkoušených lávek v ČR svým rozpětím do oboru 23 až 89 m spadá, a proto musely být podrobeny dynamické analýze nejen teoretické, ale i experimentální.



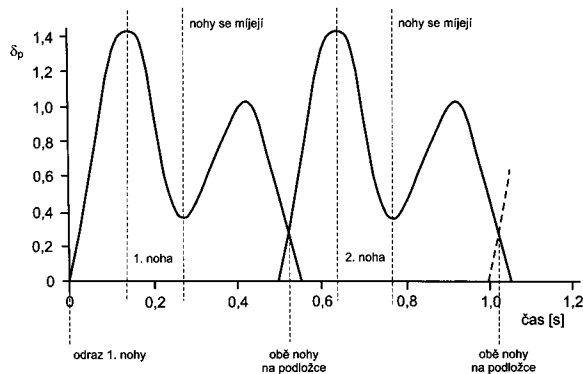
Obr. 1. Závislost nejnižší vlastní frekvence na rozpětí [16]

2. Dynamické zatížení svislé

2.1 Jeden chodec

Kroková frekvence svislého zatížení chodcem je v rozmezí 2,0 až 2,2 Hz. Podle měření v ÚTAM (v letech 1970 až

dosud) a podle [1] a [2] lze časový průběh tlaku lidské nohy znázornit funkcí podle obr. 2. Jestliže je lávka zaplněna chodci, rychlost přechodu se zmenší a při hustotě chodců 1,5 člověka/m² je kroková frekvence nepravidelná a dynamické zatížení menší [3]. V okamžiku, kdy se nohy chodce míjejí, je hodnota dynamického součinitele 0,4 (podle obr. 2), jsou-li obě na podložce, je jeho hodnota ~ 0,2.



Obr. 2. Průběh tlakové síly lidské nohy při krokové frekvenci 2 až 2,5 Hz [2], [3]

Není problém vypočítat odezvu lávky na pohyblivé břemeno, jehož velikost se mění podle frekvence kroků – na obr. 2 je frekvence levá-pravá 2 Hz a frekvence levá-levá 1 Hz. Frekvence 2 Hz je označována jako první harmonická. Na svislé ose (obr. 2) je dynamický součinitel δ_p ; obrázek znázorňuje max. hodnotu dynamického součinitele 1,4. Podle [3] může být jeho hodnota mezi 1,1 až 1,9; závisí na vztahu krokové frekvence a vlastní frekvence konstrukce. V okamžiku, kdy se nohy míjejí, je 0,4 (podle obr. 2); v okamžiku, kdy jsou obě nohy na podložce, je ~ 0,2. Takto popsaný průběh nášlapové síly má na obr. 2 frekvenci 4 Hz. Tato frekvence je označována jako druhá harmonická; dynamický součinitel této druhé harmonické síly je 0,05 až 0,20 podle [3].¹⁾

V [3] je jednoduché vyjádření dynamické nášlapové síly $F(t)$ [N] používané v Japonsku

$$F(t) = \alpha \cdot m_p \cdot g \cdot \cos \omega(t), \quad (1)$$

kde α je korekční koeficient vyjadřující obtížnost stanovení svislého zatížení a jeho rozmanitost a má hodnotu lineárně závislou na počtu kroků za sekundu (tab. 1);

$m_p \cdot g$ – tíha chodce [N];

$\omega = 2\pi f_p$, kde f_p je kroková frekvence.

Tab. 1. Korekční koeficient pro chůzi

Počet kroků za sekundu	α
1	0,25
2	0,5
3	0,75

¹⁾ Ve [3] autoři definují i třetí harmonickou frekvenci a k ní příslušný dynamický součinitel. Tedy $f_{(3)} = 6$ Hz, $f_{(1)} = 2$ Hz, $f_{(2)} = 4$ Hz; dynamický součinitel 0,1. Při našich měřeních [4] tato třetí harmonická frekvence nebyla zaznamenána.

V [3] se pro všechny druhy lávek doporučuje pro dynamické zatížení jedním chodcem výraz

$$F(t) = 700 \cdot 0,257 \cdot \sin(2\pi f_0 t), \quad (2)$$

kde 700 [N] je tíha chodce, 0,257 dynamický součinitel a f_0 kroková frekvence, která se shoduje s frekvencí kmitání lávky.

Jiné vyjádření dynamického přírůstku najdeme v [3] podle Kreuzingera

$$F(t) = m_p \cdot g [\alpha_1 \cdot \sin \omega \cdot t + \alpha_2 \cdot \sin(2\omega \cdot t - \varphi)], \quad (3)$$

kde pro jednoduchý nosník v rezonanci je $\alpha_1 = 0,4$, $\alpha_2 = 0,2$, ω vlastní kruhová frekvence lávky a φ fázový posun druhého členu Fourierovy řady vůči prvnímu.

Hamm [3] používá výraz (3) rozšířený o třetí člen Fourierovy řady

$$F(t) = F_1 \cdot \sin(\omega \cdot t - \varphi_1) + F_2 \cdot \sin(2\omega \cdot t - \varphi_2) + F_3 \cdot \sin(3\omega \cdot t - \varphi_3), \quad (4)$$

kde $F_1 = 700(0,4 \div 0,5)$, $\varphi_1 = 0$,

$$F_2 = 700(0,1 \div 0,2), \quad \varphi_2 = \frac{\pi}{2},$$

$$F_3 = 700 \cdot 0,1, \varphi_3 = \frac{\pi}{2}.$$

Podle [3] svislý pohyb lávky s amplitudou nejméně 10 mm způsobí narušení krokové frekvence. Jiný autor udává, že narušení krokové frekvence nastane při zrychlení 14 % g při frekvenci kmitání lávky 2 Hz, což dává amplitudu blízkou 10 mm.

Vliv chodců se projeví na tlumení pohybů lávky. Podle zkoušek na London Millenium Bridge [3] jsou svislé pohyby více tlumeny až čtyřikrát. Naopak, vodorovné pohyby lávky byly tlumeny méně než její pohyby za stavu bez zatížení chodci.

2.2 Skupina chodců

Malou skupinou chodců na lávce o rozpětí minimálně 25 m se rozumí 4 až 10 lidí. Pokud nekráčejí organizovaně (stejnou krokovou frekvencí), jsou dynamické zatížení a podobně i dynamická odezva lávky ovlivněny několika faktory:

- krokové frekvence jsou u každého jednotlivce odlišné a superpozice je závislá na blízkosti frekvencí vynucených tvarů a krokových frekvencí;
- přítomnost neorganizovaná a chůze lidí může měnit dynamickou odezvu, zejména tlumení;
- může nastat lock-in effect, tj. odezva lávky vnutí svou frekvenci chodcům, takže frekvence kroků se dostane do rezonance.

2.3 Skupina chodců $N \leq 25$

Je-li lávka zatížena chodci, pak dynamické zatížení je závislé na jejich počtu na 1 m² a na rychlosti jejich pohybu dané cílem (důvodem) chůze (sportovní stadion, přechod k dopravní stanici, k nákupnímu středisku apod.). Dosud není známa korelace mezi dynamickým zatížením a počtem chodců na 1 m², ale lze použít výrazu (1) podle [3] pro am-

plitudu dynamického přírůstku zatížení $F(t)$ od N chodců, a to při $N \leq 25$ a při hustotě 1 chodce (0,5 m² plochy mostovky)

$$F_0(t) = c_z \cdot N \cdot \alpha \cdot m_p \cdot g, \quad (5)$$

kde c_z je součinitel vyjadřující synchronizaci kroků s pohyby lávky a má hodnotu 0,2 až 1,0. Bývá označován korelačním a jeho závislost na N není dosud známa. Hodnotu součinitele α stanovíme podle tab. 1, popř. tab. 2.

Tab. 2. Korekční koeficient pro běh

Počet [kroky/s]	α
2	1
3	1,4
4	1,9

Stoyanoff a kol. [3] vyjadřuje celkové dynamické svislé zatížení skupinou 20 až 25 chodců (při hustotě 1 osoba/1 m²) výrazem

$$F_{20-25} = c_R \cdot N \cdot \alpha \cdot w_p, \quad (6)$$

kde $c_R = 1,0$ (korelační koeficient),
 $\alpha = 0,2$ až $0,5$ (dynamický součinitel),
 $w_p = 700$ N (tíha osoby),
 N – počet osob (20 až 25).

Pro extrémní zatížení, když hustota chodců je 1 osoba/1 m² po celé ploše mostovky, pro celkové dynamické zatížení používá opět výraz (6), ale $c_R = 0,2$. Ostatní veličiny mají shodné hodnoty jako ve výše uvedeném případě, ovšem N se liší podle plochy lávky. Stoyanoff [3] doporučuje:

	pro běh	pro poskoky
1. harmonická	$\alpha = 0,6$ až $1,40$	$\alpha = 1,0$ až $1,70$
2. harmonická	$\alpha = 1,4$ až $0,40$	$\alpha = 0,5$ až $0,90$
3. harmonická	$\alpha = 0,1$ až $0,15$	$\alpha = 0,2$ až $0,35$

Na závěr odstavce o dynamickém zatížení uvedme metodu McRobie a Morgenthala [3], která pro posouzení kritické hustoty chodců používá vertikální Scrutonovo číslo chodců.

Poznámka: V aeroelasticitě Scrutonovo číslo vyjadřuje kritérium stability (příčné kmitání) štíhlých konstrukcí a pomocí měrné hmotnosti konstrukce, vzduchu a jejího útlumu (bez účinků větru) a kvadrátu průměru konstrukce; je bezrozměrné.

Vertikální Scrutonovo číslo chodců

$$vPSN = \frac{\xi}{0,005} \cdot \frac{0,6}{n} \cdot m, \quad (7)$$

kde ξ je tlumení příslušného tvaru kmitání ($\xi = \frac{g}{2\pi}$),

n – hustota chodců ($> 0,6$ osoby/1 m²),

m – hmotnost 1 m² mostovky (u prostého podepření lávky).

Pro ocelové lávky EUROCODE DLM 3 požaduje $vPSN = 7$ t/m², závisí samozřejmě na tvaru kmitání a jeho frekvenci.

Poznámka: V mnoha zemích se jako standardní zatížení lávek používá rovnoměrné zatížení 4 kN/m², ve Švýcarsku 5 kN/m². V ČR se používá [33]. Schleich [37] stanovuje zatížení lávky podle hustoty proudu chodců (viz tab. 3).

Tab. 3. Zatížení a hustota proudu chodců

Hustota proudu	Zatížení [osoby/m ²]
malá	0,3
střední	0,4
přijatelná	0,6
velká	0,8
hustá	1,0
tlačénice	1,5

3. Dynamické zatížení vodorovné

Jak je uvedeno v odd. 2, frekvence vodorovných sil chodce je v blízkosti 2 Hz. Chodec je citlivější na vodorovný pohyb (odezvu lávek) než na svislý. Tato citlivost se projevuje jeho reakcí – snaží se frekvenci kroků přizpůsobit frekvenci vodorovného kmitání lávky. Míra přizpůsobení závisí na amplitudě vodorovného kmitání. Ze zkoušky provedené na London Millenium Bridge se skupinou 100 a 275 chodců byl odvozen empirický vzorec efektivní vodorovné síly jednoho chodce

$$F_{\text{ef}} = 300 v, \quad (8)$$

kde v [m/s] je vodorovná rychlost pohybu lávky za rezonance.

Stoyanoff a kol. [3] pro celkové dynamické zatížení skupinou chodců ($N = 20$ až 25 osob) používá výraz

$$F_{20-25} = c_R \cdot N \cdot \alpha \cdot w_p. \quad (9)$$

Liší se od výrazu (6) pouze hodnotou $\alpha = 0,125$. Dále uvádí:

	pro běh	pro poskoky
1. harmonická	$\alpha \approx 0,350$	$\alpha \approx 0,425$
2. harmonická	$\alpha \approx 0,100$	$\alpha \approx 0,225$
3. harmonická	$\alpha \approx 0,025$	$\alpha \approx 0,075$

4. Dynamická odezva ve směru svislém

Zatímco dynamická odezva mostů od vozidel pro jejich nosnost a použitelnost, případně pro komfort cestujících, není rozhodující, u lávek je rozhodující, až prvotní. Lávka vyhovující statickému zatížení nemusí vyhovovat svou dynamickou odezvou, jestliže překračuje meze komfortu chodců. Proto dynamické odezvě věnujeme zvláštní pozornost.

4.1 Ustálené vertikální kmitání

Nejprve uvedeme výrazy vhodné ke stanovení zrychlení ve vybraném průřezu mostovky při ustáleném kmitání.

4.1.1 Jeden chodec

Z výrazu pro dynamickou svislou sílu jednoho chodce (viz odd. 2) a za předpokladu, že kroková frekvence je v rezonanci s vlastní frekvencí lávky, můžeme zanedbat vyšší harmonické. Pak jestliže chodec působí ve středu rozpětí pole, je zrychlení v tomto místě [ms⁻²]

$$- \text{pro chůzi} \quad a_1 = k_a \cdot k \frac{280}{M \cdot 2\xi}, \quad (10a)$$

$$- \text{pro běh} \quad a_1 = k_a \cdot k \frac{910}{M \cdot 2\xi}, \quad (10b)$$

kde k_a je součinitel vyjadřující systém lávky;

k – opravný součinitel vyjadřující skutečnost, že chodec se vzdaluje (přibližuje) ke středu rozpětí;

ξ – tlumení;

M – hmota lávky.

Podle Hamm [3] je $k \approx 0,75$ pro všechny systémy lávek. Tato autorka volí pro systém:

- s jedním polem $k_a = 1,0$,
- pro dvě stejná pole $k_a = 0,6$,
- pro tři pole $k_a = 0,4$ až 1,1 podle poměru rozpětí středního pole ke krajnímu: nejmenší hodnota platí pro tři pole shodného rozpětí, největší hodnota pro případ, že délka krajního pole je násobek 0,4 (a menší) středního pole.

Hodnoty 280, popř. 910, ve výrazech (10a) a (10b) odpovídají tíze chodce 700 N; index 1 v těchto výrazech značí jednoho chodce.

Pimentel [3] používá pro lávky, jejichž schématem je nosník s dominantní odezvou ohybovou, pro maximální zrychlení výraz

$$a_{\text{max}} = (2\pi f_0)^2 \cdot y_s \cdot \delta \cdot \Omega_d, \quad (11)$$

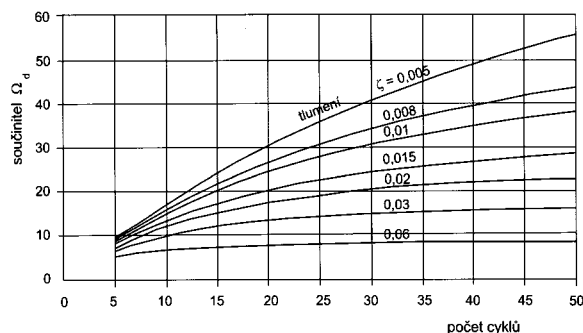
kde f_0 je základní frekvence lávky,

y_s – statický průhyb uprostřed rozpětí od břemene 700 N,

δ – dynamický součinitel zatížení ($\delta \approx 0,4$),

Ω_d – součinitel dynamického zvětšení.

Součinitel Ω_d je funkcí tlumení a počtu cyklů vibrací n_s po dobu přechodu po lávce. Závislost součinitele Ω_d na počtu cyklů n_s je uvedena na obr. 3.



Obr. 3. Součinitel dynamického zvětšení Ω pro lávku o jednom poli [3]

Grundmann [3] vyjádřil maximální zrychlení pro prostý nosník výrazem

$$a_{\text{max}} = \frac{2G}{M} \cdot \frac{0,75}{9} (1 - e^{-n_s \cdot \vartheta}), \quad (12)$$

kde $G = 700$ N,

M – hmota lávky,

ϑ – logaritmičtý dekrement útlumu ($\vartheta = 2\pi\xi$),

n_s – počet cyklů vibrací po dobu přechodu chodce po lávce.

4.1.2 Skupina chodců a spojitý proud chodců

Jestliže po lávce jde N chodců, někteří z nich (N_{res}) mají frekvenci kroků shodnou s vlastní frekvencí lávky, ostatní nikoliv. Čím větší je odezva, tím více chodců je v rezonanci. Jestliže uprostřed rozpětí lávky připustíme zrychlení 0,7 ms⁻², pak podle Kreuzingera [3]

$$N_{\text{ef}} = 0,225 N. \quad (13)$$

Zrychlení ve středu rozpětí je za předpokladu, že jeho limitující hodnota je $0,7 \text{ ms}^{-2}$

$$a_{str} = a_1 \cdot N_{ef} \frac{2}{k \cdot \pi}, \quad (14a)$$

kde k je již zmíněný opravný součinitel. Rovnici (12a) vyjádříme pro stav rezonance

$$a_{str} = a_1 \cdot N_{ef} \cdot k_1, \quad (14b)$$

kde k_1 je součinitel vyjadřující shodu krokové frekvence s frekvencí lávky (tab. 4).

Tab. 4. Hodnoty součinitele k_1

k_1	Kroková frekvence
0,33	$\leq 1,0$
1,0	1,5–2,5
1,0–0,33	2,5–4,0

Stoyanoff [3] vyjádřil maximální zrychlení j -tého tvaru pro stav rezonance, pro nosník s vlastními tvary kmitání sinovými a s rovnoměrně rozloženou hmotou

$$a_{max} = \frac{2 \cdot c_R \cdot N \cdot \alpha \cdot w_p}{\pi \cdot m_{deck} \cdot l \cdot \xi}, \quad (15)$$

kde c_R je korelační součinitel 0,5 až 1,0 (1,0 platí pro vandaly),

N – počet chodců,

α – dynamický součinitel (tab. 1, tab. 2),

w_p – 700 N,

$m_{deck} \cdot l$ – celková hmotnost lávky délky l ,

ξ – útlum $\cdot \left(\xi = \frac{9}{2\pi} \right)$.

4.2 Přechodové kmitání a výkonová spektrální hustota výchylky

V předcházejících odstavcích jsme odezvu lávky považovali za stav ustáleného kmitání. Chodcem nebo chodci vynucené kmitání má dvě složky – přechodové a ustálené [10]. Při běžných hodnotách tlumení a krokové frekvence za rezonance a hmotnosti lávky ($\xi = 0,015$, $f = 2$ Hz) vybuzená amplituda po 10 krocích dosáhne asi 60 % svého maxima, po 20 krocích asi 85 % svého maxima a až po 60 krocích (tj. po 30 sekundách chůze) dosáhne úplného maxima. Z toho tedy plyne, že první složka, tj. přechodové kmitání, je u dlouhých lávek nevýznamné.

Po tomto ověření odvodíme pro ustálenou výchylku výkonovou spektrální hustotu. Výkonová spektrální analýza ustálené výchylky bodu s je

$$G_{v,v_s}(f,s) = \sum_{n=1}^{\infty} |H_n(f,s)|^2 \int_0^l \int_0^l v_n(x_1) \cdot v_n(x_2) \cdot G_{p_1,p_2}(f,x_1,x_2) \cdot dx_1 \cdot dx_2, \quad (16)$$

když jsme zanedbali vliv korelací mezi vlastními tvary kmitání,

$$\text{kde } H_n(f,s) = \frac{v_n(x_s)}{M_n \left[(f_n^2 - f^2) + 2if_b f \right] \cdot 4\pi^2} \quad (17)$$

a G_{p_1,p_2} je vzájemná spektrální hustota zatížení v bodech x_1 a x_2 .

Vzájemnou spektrální hustotu zatížení vyjádříme pomocí výkonové spektrální hustoty zatížení G_{pp} a funkcí $g_{1,2}(f)$, tedy

$$|G_{p_1,p_2}(f)| = g_{1,2}(f) \cdot G_{pp}(f). \quad (18)$$

Dosud existuje málo experimentálních ověření veličin pravé strany rovnice (18). Podle našich měření a podle Stoyanoffa [3] je možné $g_{1,2}(f)$ vyjádřit reálnou koherencí

$$g_{1,2}(f) = \frac{|G_{p_1,p_2}(f)|}{G_{pp}(f)} = \sqrt{\text{coh}(f)} \quad (19)$$

ve tvaru

$$\sqrt{\text{coh}(f)} = \exp\left(-\frac{\kappa f \cdot |x_1 - x_2|}{N}\right), \quad (20)$$

kde κ je koeficient tlumení a N počet chodců zaplňujících celou plochu mostovky.

Podle našich měření, např. [6]²⁾, je hodnota koeficientu tlumení

$$\kappa \approx 60 \text{ až } 80. \quad (21)$$

Výkonovou spektrální hustotu zatížení vyjádříme (korelační funkce jednoho procesu $x(t)$, viz [7])

$$R(\tau) = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_0^T x(t) \cdot x(t+\tau) dt, \quad (22)$$

Výkonová spektrální hustota je s ní vázána výrazem

$$G(f) = 4 \int_0^{\infty} R(\tau) \cos(2\pi f \tau) d\tau. \quad (23)$$

Korelační funkci zatížení s dostatečnou přesností stanovíme z výrazu (5). Z výrazu výkonové spektrální hustoty výchylky bodu s stanovíme rozptyl výchylky

$$\sigma_v^2 = \int_0^{\infty} G(f) df. \quad (24)$$

4.3 Nová ověření dynamické odezvy

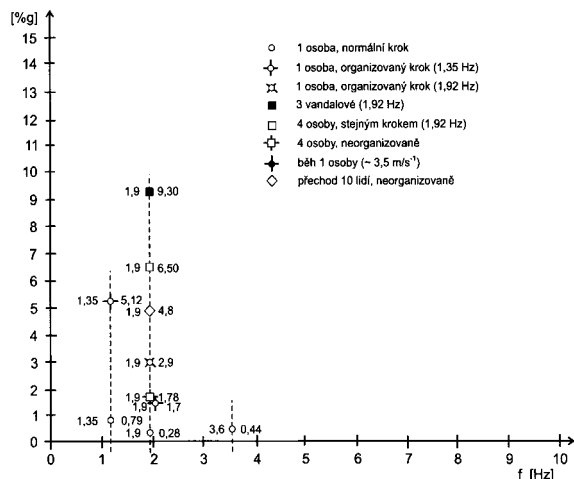
Při dynamické zatěžovací zkoušce ocelové lávky v Českých Budějovicích (podrobněji odd. 10) byla zjišťována dynamická odezva ve čtvrtině rozpětí při různých druzích zatížení. Amplituda odezvy ve směru svislém [% g] v místě maximální pořadnice vybuzeného tvaru, příslušného dominantní frekvenci při přechodu 1, 4 a 10 chodců přes celou lávku, je na obr. 4. Je zřejmé, že nejčastěji se projevila dominantní frekvence 1,90 Hz, méně častěji 1,35 Hz a 3,60 Hz. Hodnoty odezvy v měřítku zrychlení jsou střední hodnoty z devíti přechodů. Odezva ve směru svislém v závislosti na počtu chodců je na obr. 5, který vyjadřuje „rozvinutí svislice“ v hodnotě 1,9 Hz z obr. 4. Z obrázku 5 lze odvodit rovnici závislosti a na N pro krok:

$$\text{– neorganizovaný } \alpha = 0,5 \text{ N}, \quad (25)$$

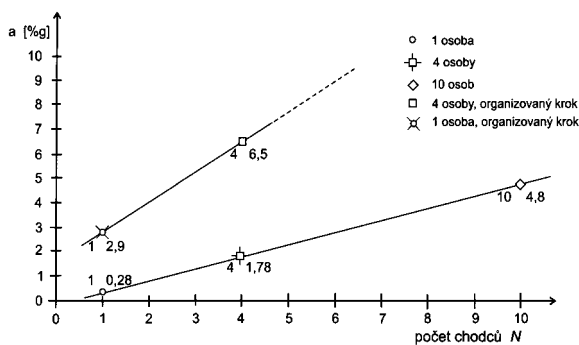
$$\text{– organizovaný } \alpha = 1,6 \text{ N}. \quad (26)$$

Výraz (25) v daném případě dostatečně souhlasí s výrazem (10a).

²⁾ délka lávky $l = 51$ m a $N = 408$ chodců, $f = 1,5$ Hz



Obr. 4. Dynamická svislá odezva (zrychlení) v místě maximální pořadnice tvaru kmitání příslušné dominantní frekvenci – lávka v Českých Budějovicích [6]



Obr. 5. Dynamická svislá odezva (zrychlení) s frekvencí 1,9 Hz ve čtvrtině rozpětí lávky v Českých Budějovicích [6]

5. Dynamická odezva ve směru vodorovném

Lidský organizmus je na vodorovné kmitání citlivější než na svislé, a proto je důležité je znát, případně stanovit. V rovném případě je londýnská lávka Millenium, která po uvedení do provozu vykazovala ve směru vodorovném nedostatečnou tuhost a musela být uzavřena. Následovalo potlačení vodorovných kmitů tlumiči [3], což město stálo 5 mil. liber (původní cena 18,2 mil. liber). To byl případ, kdy nemyšlný návrh architekta projektant neodmítl realizovat.

5.1 Jeden chodec

Pro přibližné řešení zrychlení, předpokládající, že lávka je prostý nosník a chodec je v rezonanci s frekvencí lávky, doporučuje Kreuzinger [3]

$$a_1 = \frac{\alpha_1 \cdot 700}{M \cdot \xi \cdot k_1} \left[\frac{m}{s^2} \right], \tag{27}$$

- kde $\alpha_1 = 0,10$, když $f_{str} < 1,25$ Hz a $f_p = 2 f_{str}$,
- $\alpha_1 = 0,05$, když $f_{str} > 1,25$ Hz a $f_p = f_{str}$,
- $k_1 = 0,75$
- M – hmota lávky [kg],
- 700 – tíha chodce [N],
- f_p – kroková frekvence;
- f_{str} – kroková frekvence.

5.2 Skupina a spojitý proud chodců

Předpoklady jsou vysloveny v odst. 3.1.2. Přibližné řešení doporučuje Kreuzinger [3] výrazem

$$a_{hor} = a_1 \cdot N_{ef} \cdot k_{hor}, \tag{28}$$

kde $N_{ef} \approx 0,2 N$, $k_{hor} = 1,0$, když $f_{str} \leq 1,25$ Hz,
 $k_{hor} = 0,5$, když $f_{str} = 1,75$ Hz,
 k_{hor} se blíží 0, když f_{str} se blíží 2,5 Hz.

Mezilehlé hodnoty k_{hor} lze lineárně interpolovat.

Stoyanoff [3] pro konstrukci v rezonanci s rovnoměrně rozloženou hmotou po své délce, rovnoměrně zatíženou, s tvarem vybuzeného kmitání ve tvaru sinusoidy, počítá maximální zrychlení v j -tém tvaru

$$a_{j,max}^{hor} = \frac{2 \cdot c_R \cdot N \cdot \alpha_j^H \cdot w_p}{\pi \cdot m_{deck} \cdot l \cdot \xi_j}, \tag{29}$$

- kde c_R je korelační součinitel 0,2 (pro vandaly 1,0),
- N – počet chodců,
- α_j^H – 0,125,
- w_p – 700 N,
- $m_{deck} \cdot l$ – hmota lávky,
- ξ_j – útlum (j -tého tvaru kmitání).

Poznámka: Hodnoty dynamického součinitele jsou v tab. 5 [3]. Pro informaci jsou zde i hodnoty svislé odezvy, pro kterou platí obdobný výraz.

Tab. 5. Dynamické zatížení člověkem

Činnost a zatížení [m ² /osoby]	Směr zatížení	Frekvence buzení [Hz]	Dynamický součinitel $\alpha_j^{v(H)}$ [min/max]	
chůze 1,0	svisle	1,50 – 3,00	0,2/0,5	
	vodorovně	0,75 – 1,50		
běh 4,0	svisle	1. harmonická	2,00 – 4,00	0,6/1,40
		2. harmonická	4,00 – 8,00	0,1/0,40
		3. harmonická	6,00 – 9,00	0,1/0,15
	vodorovně	1. harmonická	1,00 – 2,00	
		2. harmonická	2,00 – 4,00	
		3. harmonická	3,00 – 4,50	
skákání 3,5	svisle	1. harmonická	2,00 – 4,00	1,0/1,70
		2. harmonická	3,00 – 8,00	0,5/0,90
		3. harmonická	4,00 – 9,00	0,2/0,35
	vodorovně	1. harmonická	1,00 – 2,00	
		2. harmonická	1,50 – 4,00	
		3. harmonická	2,00 – 4,50	

6. Citlivost chodců

Reakce lidského těla na pohyby podložky je v případě lávek, na rozdíl od mostů, důležitá při vyhodnocování komfortu. Vyhodnocuje se nejčastěji zrychlení [3] (ve směru svislém i vodorovném), rychlost [17] nebo výchylka. Z výsledků mnoha experimentů [11] byly doporučeny meze dynamických odezvy. Obecně potvrdily, že člověk je méně citli-

vý na kmitání lávky než na vibrace v obytných nebo jiných budovách. Někteří badatelé zjistili, že doporučená mez komfortu chodce závisí na době přechodu lávky – s prodlužující se dobou klesá její hodnota. Jiní tvrdí, že naopak „si zvykne“ na pohyb a mez komfortu je neměnná.

Při posouzení a určení hranice mezi přijatelnou a nepřijatelnou dynamickou odezvou (hranice komfortu) z hlediska lidského organismu je třeba si uvědomit, že záleží na stupni subjektivity, založené jen na zkušenostech.³⁾ Mezinárodní normy a literatura pro svislé vibrace uvádějí hodnoty zrychlení uvedené v tab. 6.

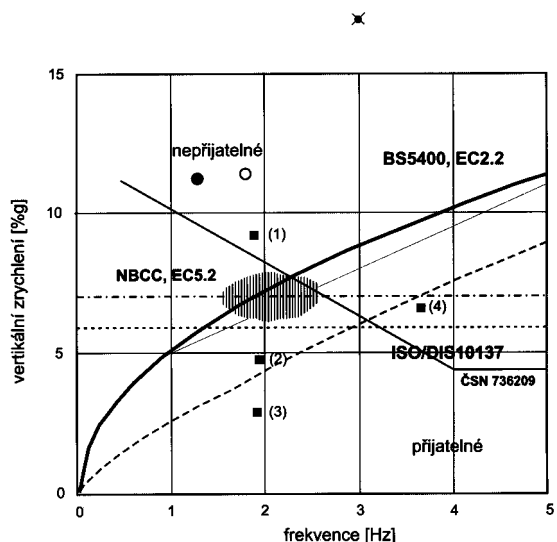
Tab. 6. Přijatelné hodnoty odezvy

Zdroj	Poznámka	Zrychlení, rychlost
[3], různí autoři	–	špičkové zrychlení 4,3 až 10 % $g \approx 0,45$ až $1,00 \text{ ms}^{-2}$
[12]	–	24 mms^{-1}
Eurocode EC 2.2	$f_{(\min)}$ je nejnižší vlastní frekvence	mms^{-2}
[11]	pocit nepohody je závislý na délce trvání vibrací	pro trvání vibrací 40 s je přijatelná hodnota $0,35 \text{ ms}^{-2}$
[3], Ontario Bridge Code		mms^{-2}
[26], ČSN EN 1990:2002/A1 Eurocode	udává hodnoty i pro vodorovné pohyby	svisle $a_{\max} = 0,7 \text{ ms}^{-2}$ vodorovně $a_{H\max} = 0,2 \text{ ms}^{-2}$

Porovnání hranic komfortu pro svislé vibrace podle různých zdrojů [12], [15] uvádí obr. 6. Podle ČSN 73 6209 je hranice převzata patrně z Technického průvodce 33 „Dynamika stavebních konstrukcí“ [10]. Neplatí pro lávky. V obrázku jsou také hodnoty dynamické odezvy lávek měřených (TZÚS a ÚTAM). Je zřejmé, že z hlediska komfortu je úroveň dynamické odezvy v mezích, které jsou na obrázku znázorněny graficky, závislá na dominantní frekvenci. Výjimkou je odezva od vandalismu tří osob a organizovaný pochod. K ní uvádím zkušenost, poznanou při jiných lávkách – větší počet vandalů nemá účinnost úměrnou počtu, protože neu-
mĕjí sfázovat svůj pohyb.

Poznámky

– Zhoršení nepřijemného pocitu (tj. pokles komfortu) může být způsobeno optickým vjemem. Člověk, jdoucí po lávce, která se vlní, obvykle pozoruje mostovku. Mostovka je buď plocha rovinná (zřídka), nebo konkávní (vydutá), nebo konvexní (vypouklá). Je-li mostovka vypouklá, osy očí chodce se jí jako tečny dotýkají v místě největší amplitudy a dotýkají se dále míst s menší amplitudou, případně protínají (končí) v místě bez pohybu, např. podpora, pozadí tvořené břehem apod. Pomocí relativního vztahu těchto „tečen“ k místům s odlišnými amplitudami, chodce „vidí“ pohyb. Je-li mostovka vydutá, osy očí nemohou vytvořit tečny a



ČSN 736209 – zatěžovací zkoušky mostů
NBCC – National Building Code of Canada
BS54000 – British Standard
EC2.2 – European Committee for Standardization, Concrete bridges
ONT83 – Ontario Highway Bridge, Design Code
ISO/DIS 10137 – Serviceability of Buildings against Vibration

trojúhelník podle [14] je oblast mezi přípustným a nepřípustným zrychlením
(platí pro zrychlení větší než 5 %g)

šrafovaná plocha – beton, stress-ribbon, normální chůze 2 osob: Brno-Bystrc,
Brno-Komín, Pferov, Praha-Troja

■ České Budějovice (1. 2 vandalové, 2. 10 lidí organizovaně, 3. 1 osoba
s krokovou frekvencí 1,92 Hz)
● Brno-Bystrc, 8 lidí organizovaně
○ Radbuza – ocel, 8 lidí organizovaně
× Trojská lávka, 2 osoby rychlá organizovaná chůze

Obr. 6. Porovnání kritérií komfortu podle různých zdrojů a výsledků měření

Tab. 7. Kapacita lávky [3]

Předpis	Země	Šířka mostovky [m]	Max. sklon [%]
DIN 18024-1	Německo	1,5 (chodci nebo cyklisté) 3,5 (smíšený provoz)	6,0
BS 5400 Departmental Standard: BD29/87	Anglie	1,8 (chodci) 2,0 (smíšený provoz) 2,7 (chodci/ cyklisté odděleně)	5,0 – 8,0 (chodci)
Structures Design Manual	Hongkong	2 3,0 stanice metra	5,0 – 8,0 chodci 4,0 – 8,0 (cyklisté)
Austrroads 13, 14,92	Austrálie	1,5–1,8 (chodci) 1,5–2,0 (cyklisté 1 pruh) 2,5–3,0 (cyklisté 2 pruhy) 2,5–3,0 (smíšený provoz)	12,5 (chodci) 5 (cyklisté) 3 (smíšený provoz)
Design Specification of Road Structures	Korea	1,5–3,0 (chodci) 3,0 (cyklisté)	

³⁾ Z pozorování účinků přírodní seizmicity na lidský organismus bylo zjištěno, že člověk zpozoruje zemětřesení počínaje II. stupněm Mercalliho-Sibergovy-Cancaniho stupnice, tj. zrychlení 2,5 až 5,0 mm/s².

chodec relativní pohyb „nevidí.“ Protože popsany vjem pohybu u lávek vydatých, byť mají výchyly několikamilimetrové, neexistuje, zhoršení nepříjemného pocitu nenastává.

- Jak bylo v úvodu řečeno, není vždy možné navrhnout takovou lávku, aby její dominantní odezva nebyla v rezonanci s krokovou frekvencí (1,6 až 2,4 Hz a 3,5 až 4,5 Hz).
- Dobrý pocit chodců je kromě dynamické odezvy dán i kapacitou lávky, kterou Schleich [3] definuje šířkou mostovky a jejím sklonem. Zmíněné hodnoty podle různých předpisů jsou v tab. 7.

7. Vítr

V tomto oddílu jsou vysloveny jen zásady pro navrhování lávky z hlediska dynamické odezvy na zatížení větrem. Čtenář nalezne podrobnosti ve specializovaných pracích, např. [7], [12], [15].

Projektant má ověřit návrh lávky (kromě statické odezvy od větru), zejména zda:

- není nadměrně rozkmitávána turbulencí přicházejícího proudu vzduchu. Turbulence může být přirozená, daná drsností terénu, nebo může vzniknout obtékáním jiného návětrného objektu (buffeting);
- není rozkmitávána oddělovanými víry za průřezem. Jejich frekvence je $f \approx 0,12 \frac{\bar{V}}{d}$, přičemž d je šířka průřezu, \bar{V} střední hodnota rychlosti větru. Ověří, zda frekvence oddělování není totožná s dominantní frekvencí lávky (Karmánova vírová řada);
- navržený příčný profil lávky je aerodynamicky stabilní, tj. zda aeroelastické síly nemohou způsobit nadměrné kmitání (např. krouživě ohybový flutter).

Poznámky:

- „Nadměrné“ znamená, že je nutné je zahrnout do výpočtu dynamické odezvy. Při posuzování komfortu je třeba uvážit, od které rychlosti větru chodec lávku raději pro přechod nepoužije (max. $\bar{V} = 15 \approx 20$ m/s).
- Závislost mezi rozpětím lávky (popř. rozpětím největšího pole) a její dominantní frekvencí je na obr. 1. Nízko laděné lávky mohou být rozkmitávány snadněji než vysoko laděné.
- Aeroelastická stabilita se nejlépe zjistí pomocí modelu v aerodynamickém tunelu (viz odd. 9).

Vliv velikosti těchto jevů (buffeting, Karmánova řada a flutter) závisí na několika vlastnostech vzdušného proudu a lávky, z nichž nejdůležitější je tlumení.

8. Tlumení

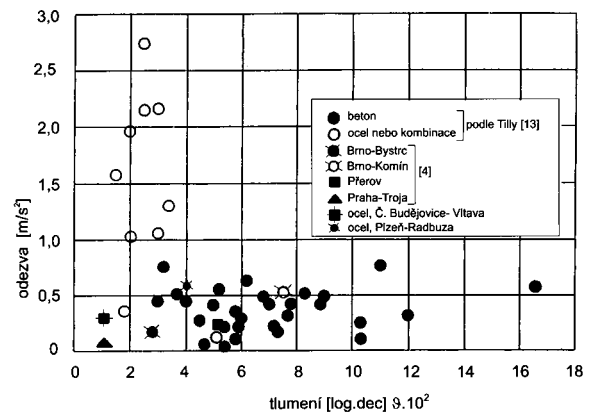
Dynamická odezva závisí na velikosti zatížení, tlumení a tuhosti lávky. Je známo, že je nepřímo úměrná její tuhosti a tlumení – pokud je buzení náhodné, pak nepřímo úměrná druhé odmocnině z tlumení. Podle zkušeností z odezvy existujících lávek jsou doporučeny tyto mezní hodnoty tuhosti a tlumení [16] – tuhost 8 kN/mm a tlumení $J = 0,03$ (logaritmický dekrement). Menší než uvedené hodnoty signalizují možnost výskytu nadměrné odezvy. Hodnoty útlumu (log. dekrement $\times 10^2$) různých lávek v ČR i v zahraničí jsou na obr. 7; závislost tlumení na velikosti odezvy, některými autory zdůrazňovaná, v obrázku není zřetelná.

Barker [3] vyjadřuje nejnižší (kritickou) hodnotu tlumení vodorovných pohybů lávky výrazem

$$\xi_{crit} = 0,2 \frac{\Sigma m_p}{M}, \quad (30)$$

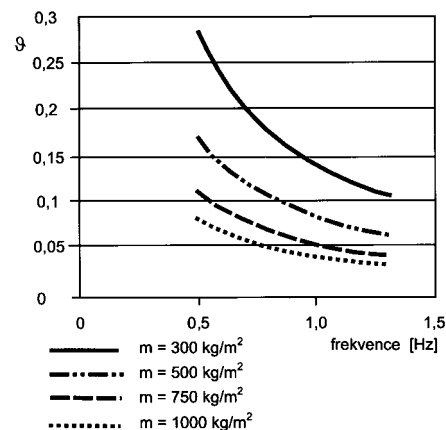
kde Σm_p je hmotnost chodců na lávce, M generalizovaná hmotnost lávky (M_i je generalizovaná i -tým tvarem kmitání).

Při odvození tohoto výrazu předpokládal, že budící frekvence je 1 Hz.



Obr. 7. Útlum různých lávek v ČR i zahraničí

Vodorovné pohyby lávky za přítomnosti chodců jsou méně tlumeny než pohyby prázdné lávky. Ve [3] najdeme požadované tlumení vodorovných pohybů (k zamezení vzniku nestability), pro hustotu chodců $n \geq 1,8$ osoby/m², pro běžné hodnoty hmotnosti lávky (obr. 8).

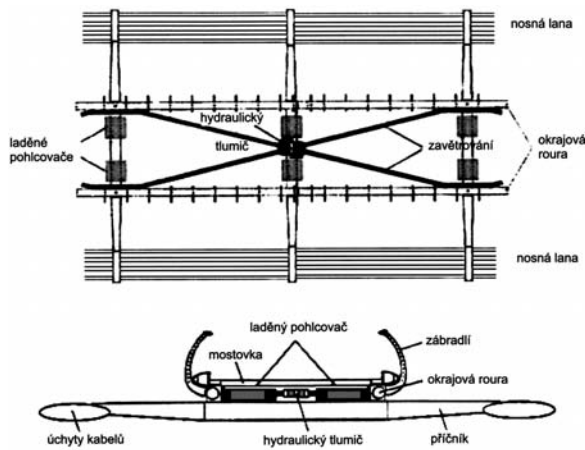


Obr. 8. Požadované tlumení pro různé hmotnosti lávek [3]

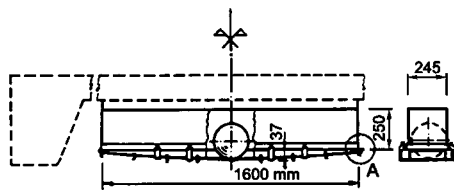
Dříve, než se stručně zmíníme o přidavných zařízeních ke zvětšení tlumení kmitání, připomeňme názorný případ lávky přemosťující Temži v Londýně. Fischer v [17] uvádí, že lávka Blade of Light Skimming the Thames (Světelná čepel stírající Temži) má střední pole o rozpětí 144 m a dvě krajní o rozpětí 2 x 108 m. Nosný systém je tvořen 2 x 4 kabely Ø 120 mm, nesoucími po 8 m ocelové skříňové příčnický. Mostovka široká 4 m má okrajové ocelové roury, které jsou v podporách podepřeny nosníky ve tvaru V. Lávka po zahájení provozu (10.6.2000), při zatížení asi 1,4 chodci/1 m², se rozkmitala zejména ve směru vodorovném; odezva se jevila jako dynamická nestabilita. Pro veřejnost byla uzavřena a až po dvaceti měsících, během nichž se prováděly sanační dynamické výpočty [18], po instalaci 37 hydraulických a 54 laděných pohlcovačů byla znovu otevřena. Zavětrování včetně dvou druhů tlumičů pro zvětšení tlumení [3] je schematicky znázorněno na obr. 9.

V ÚTAM bylo pro omezení dynamické odezvy lávek a jiných konstrukcí vyřešeno a ověřeno několik druhů tlumičů. Jsou to pohlcovače kmitů, hmota pružně zavěšená, a hydraulický tlumič nebo kulový pohlcovač kmitů (jen pro vodo-

rovný pohyb) nebo kapalinový pohlcovač pro tlumení vodorovných kmitů a natáčení průřezu mostovky. Jejich popis a analýza funkce byly dostatečně publikovány [19]–[24]. Schéma prvního kulového tlumiče v ČR, navrženého pro lávku přes Švýcarskou zátoku (Dyje) v roce 1994 [19], je na *obr. 10*. Dráha koule má regulovatelnou křivost, čímž se frekvence kolení ladí.



Obr. 9. Millenium Bridge v Londýně po sanaci [3]



Obr. 10. Kulový pohlcovač kmitů pro lávku přes Švýcarskou zátoku na Dyji [19]

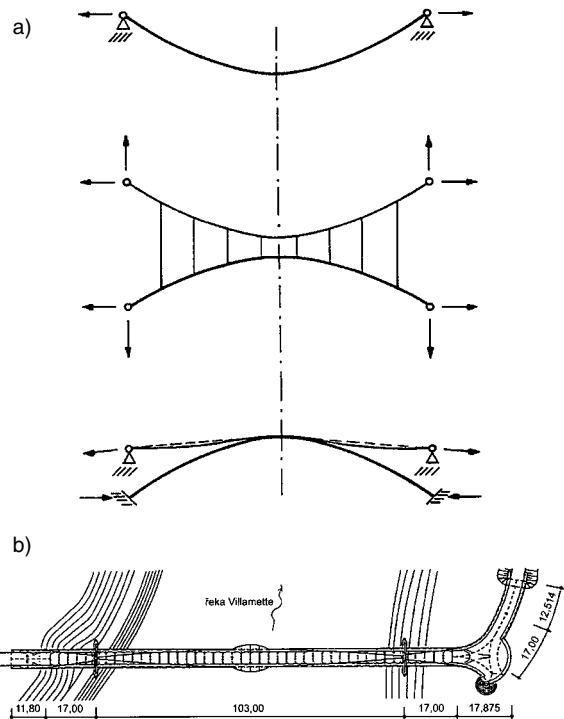
9. Aeroelastické modely

Experimentální analýza dynamické odezvy modelu zatíženého vzdušným proudem je u lávek složitých tvarů a systémů nutnou metodou ověřující teoretické řešení, případně je nahrazuje. Výhoda modelového experimentu tkví hlavně v možnosti přesného stanovení charakteristik základního materiálu, okrajových podmínek, charakteristik vzdušného proudu a v možnosti laboratorního měření, které není rušeno vedlejšími vlivy.

Aeroelastické modely musí splňovat všechny zákony odvozené z dimenzionální matice a také bezrozměrné fyzikální veličiny, které ovlivňují sledovaný jev, musí být dodrženy v příslušném měřítku. Obvykle znázorňují celou konstrukci skutečného díla, ve zvláštních případech jen její část. Modely mohou být zjednodušeny, např. jestliže je sledovaný jev ovlivněn jen prvním ohybovým tvarem kmitání, není třeba model stavět s pružnou konstrukcí. Nahradíme ji tuhou konstrukcí umístěnou na měřicím stolku, který vlastními kmitočty a útlumem představuje elastickou konstrukci modelu.

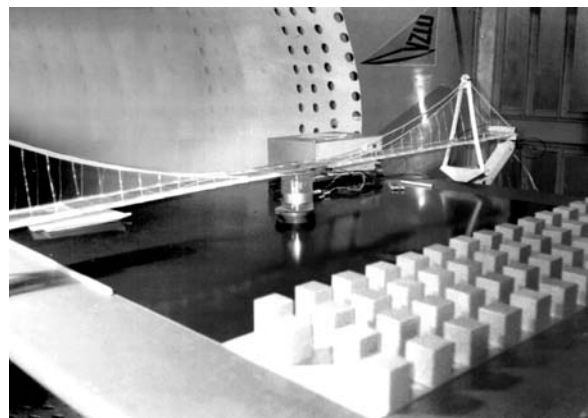
V ÚTAM bylo navrženo, vyrobeno a analyzováno (1989 – 2006) sedm aeroelastických modelů lávek s různými nosnými systémy:

- předpjaté, montované betonové zavěšené ve tvaru řetězovky,
- betonové předpjaté dvěma systémy kabelů,
- předpjaté betonové podepřené klasickým obloukem (*obr. 11a* podle [27]).



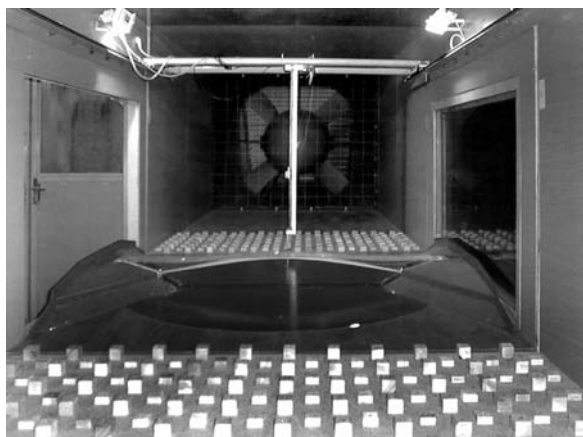
Obr. 11. Aeroelastické modely lávek
a – tři nosné systémy [27], b – vyhlídkové rozšíření mostovky [28]

V prvním případě se sledoval vliv vzájemné vzdálenosti nosných kabelů, která ovlivňuje frekvenci kroutivého kmitání, a dále vliv vyhlídkového rozšíření mostovky uprostřed rozpětí na velikost dynamické odezvy (*obr. 11b*). Po roce 1989 se ke zkouškám modelů používal aerodynamický tunel VZLÚ Ø 1,8 m, v němž mezní vrstva byla modelována jen přibližně. Od roku 1995 se používá tunel postavený ve spolupráci VZLÚ a KÚ ČVUT [29]. Aeroelastický model lávky přes Švýcarskou zátoku v tunelu VZLÚ Ø 1,8 m je na *obr. 12*. Rozpětí skutečného díla (autor prof. Stráský) je 252 m.



Obr. 12. Aeroelastický model lávky přes Švýcarskou zátoku, délkové měřítko 1 : 130 (uprostřed rozpětí je budič kmitů pro dynamickou analýzu [19])

Studijní model třetího nosného systému je na *obr. 13*. Model lávky v San Diegu při dynamické analýze je na *obr. 14*, ve čtvrtině rozpětí je budič působící na mostovku ve směru svislém. V Kloknerově ústavu ČVUT byly sestrojeny a zkoušeny aeroelastické modely kabelů [32].



Obr. 13. Aeroelastický model lávky v tunelu, délkové měřítko 1 : 90 (nosný systém podle obr. 11a)



Obr. 14. Aeroelastický model lávky v San Diegu, délkové měřítko 1 : 70 (Stráský, Hustý a partneři, s. r. o.)

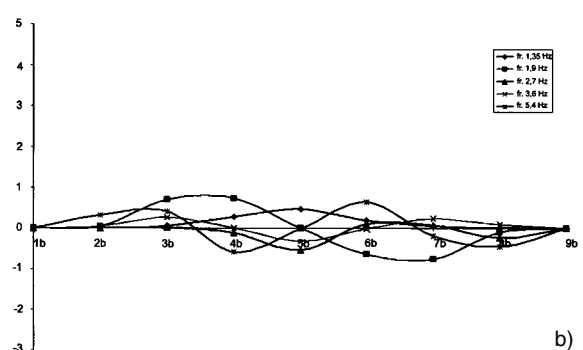
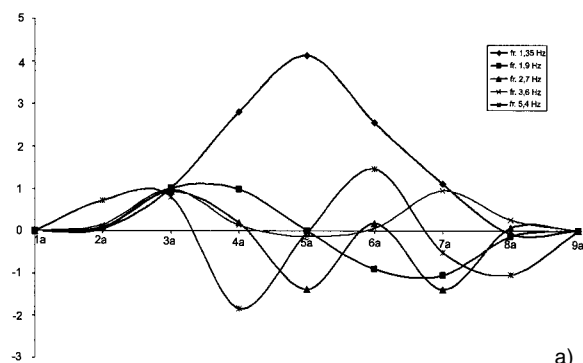
10. Příklady

Nové poznatky o dynamice lávek jsou doloženy fotografiemi modelů vypočtených a zhotovených v ÚTAM, zkoušených v tunelech VZLÚ (obr. 12 a obr. 13), a model lávky v San Diegu při dynamické analýze (obr. 14). Dále jsou uvedeny nejdůležitější výsledky zatěžovací zkoušky lávky o rozpětí ~53 m a hmotnosti 2,94 t/m v Českých Budějovicích (obr. 15). Vynucené tvary kmitání v rovině svislé i vodorovné jsou na obr. 16. Vzhledem k velmi malému útlumu kmitání je lze považovat za vlastní tvary kmitání; frekvence



Obr. 15. Ocelová lávka přes Vltavu v Českých Budějovicích

vybuzených tvarů jsou v rámečcích vpravo. Z obrázku 16 je zřejmé, že táhla mezi obloukem a okrajovým nosníkem mostovky, procházející jeho těžištěm, zmírňují amplitudu kmitání s frekvencí 1,35 Hz právě jen na straně oblouku. Těto



Obr. 16. Vynucené tvary svislého kmitání okraje mostovky na straně
a – odlehlé od oblouku, b – přilehlé k oblouku

nesymetrii se projektanti vyhnuli u zmíněné lávky v San Diegu tím, že závěsné kabely procházejí v blízkosti těžiště a středu krutu nesymetrického skříňového průřezu mostovky. Zjištěné zrychlení ve směru svislém a vodorovném ve čtvrtině rozpětí lávky v Českých Budějovicích je v tab. 8. Další ilustrace charakteristik lávek najdeme v lit. [26], [25], [28], [19], [12] atd.

Tab. 8. Odezva svislá (nahore) a vodorovná (dole) lávky v Českých Budějovicích

Buzení	Amplituda a_0 [m/s ²]	Zrychlení [% g]
1 osoba s krokovou frekvencí 1,92 Hz	0,287	2,9
4 osoby s krokovou frekvencí 1,35 Hz	0,014	0,1
4 osoby s krokovou frekvencí 1,92 Hz	0,156	1,6
4 osoby s krokovou frekvencí 1,92 Hz	0,028	0,3
4 osoby neorganizovaně	0,650	6,5
3 vandalové podpěry s frekvencí 1,92 Hz	0,028	0,3
běh jedné osoby	0,169	1,7
neorganizovaný pochod 10 lidí	0,014	0,2
	0,905	9,1
	0,056	0,6
	0,169	1,7
	0,0014	0,2
	0,481	4,8
	0,028	0,3

11. Závěr

Článek informuje o dynamickém zatížení a dynamické odezvě lávek různých systémů. Cílem je ukázat na velmi častý stav rezonance mezi chodcem a lávkou, kterému se projektant ve většině případů nevyhne. Dále doporučuje zkoušet hotová díla, a tím získávat nové informace. Speciální otázky, jako jsou účinky větru, popř. aerodynamická stabilita lávky, jsou ilustrovány aeroelastickými modely vypočítanými a zkonstruovanými v ÚTAM. K analýze měření byla obvykle použita některá z metod uvedených v [30], používaných při řešení úkolu MOSTDYN (1F45D/013/120). Z této souvislosti vyplynula skutečnost, že MOSTDYN a výzkum lávek úzce souvisí.

Realizaci měření a vypracování příspěvku podpořil projekt č. 103/05/2066 GA ČR.

Literatura

- [1] Block, C. – Schlaich, M.: Dynamic Behaviour of a Multi-Span Stress-Ribbon Bridge. [Sborník], mezinárodní konference IABSE, Paříž, 2002.
- [2] Zkoušky nášlapů v ÚTAM v roce 1968.
- [3] Footbridge 2002, mezinárodní konference, Paříž, listopad 2002.
- [4] Měření lávek v ÚTAM a TZÚS, archiv ÚTAM a TZÚS, 1970 až 2006.
- [5] SWISS NORM SIA 160. „Effects of Loads on Structures“, 1989.
- [6] Pirner, M.: Znalecké posouzení dynamické odezvy lávky v Českých Budějovicích, 2006.
- [7] Koloušek, V. a kol.: Aeroelastická stavebních konstrukcí. Praha, Academia 1977.
- [8] CEB – Comité Euro-International du béton, CEB-FIP Model Code 90“. CEB Bulletin D'information, 1993, No. 213/214.
- [9] AASHTO – American Association of State Highway and Transportation Officials, „Guide Specifications for Design of Pedestrian Bridges“. 1997.
- [10] Koloušek, V.: Dynamika stavebních konstrukcí. Praha, SNTL/SVTL 1967.
- [11] Griffin, M. J.: Handbook of Human Vibration. Sydney, Academic Press 1990.
- [12] Pirner, M. – Fischer, O.: Wind-Induced Vibrations of Concrete Stress-Ribbon Footbridges. Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, 1998, pp. 74–76.
- [13] Tilly, G. P. – Cullington, D. W. – Eyre, R.: Dynamic Behaviour of Footbridges. IABSE Survey, 1984, 26/84.
- [14] Walter, R. – Houriet, B. – Walmar, I. – Moia, P.: Cable Stayed Bridges. London, Thomas Telford 1998.
- [15] Simiu, E. – Scanlan, R. H.: Wind Effects on Structures. New York, John Wiley and Sons 1985.
- [16] Stráský, J. – Pirner, M.: Stress-Ribbon Footbridges. Olomouc, Dopravní stavby 1985.
- [17] Fischer, O.: Splnění kritérií při analýze stavebních konstrukcí. [Sborník], konference „Engineering Mechanics“, ÚTAM, Svratka, 2006.
- [18] Pirner, M. – Fischer, O.: Korespondence s projektantem G. B. s návody na odstranění kmitání londýnské lávky, 2001.
- [19] Pirner, M.: Aeroelastic Characteristics of Stressed Ribbon Pedestrian Bridge Spanning 252 m. J. Wind Eng. Ind. Aerodyn., 53, 1994, pp. 301–314.
- [20] Pirner, M.: Ball Dampers and its Use in Structures with Two-Dimensional Response. Acta Technica CSAV, Vol. 40, 1995, pp. 507–515.
- [21] Pirner, M.: Dissipation of Kinetic Energy of Large-Span Bridges. Acta Technica CSAV, Vol. 39, 1994, pp. 645–655.
- [22] Pirner, M. – Fischer, O.: One Prototype of the Ball Absorber and its Effect on the Tower. In: Proc. 19th meeting of the IASS/WG 4 (Masts and Towers), Krakow, Sept. 1999 (R. Ciesielski et al. eds.), Krakow Univ. of Technology, 2000, pp. 187–196.
- [23] Pirner, M. – Urushadze, S.: Liquid Damper for Suppressing Horizontal and Vertical Motions of Footbridges. Acta Technica, CSAV, 49, 2004, 295–328.
- [24] Pirner, M. – Urushadze, S.: Liquid Damper for Suppressing Horizontal and Vertical Motions of Footbridges. Proc. of the Third European Conference on Structural Control, 3ECSC (R. Flesch et al. eds.), Vienna University of Technology, Vol. II, 2004, pp. S1 187–190.
- [25] Redfield, Ch. – Kompfner, T. – Stráský, J.: Stressed Ribbon Pedestrian Bridge across the Sacramento River in Redding. In: FIP XIth Int. Congr. on Prestressed Concrete, Hamburg, 1990, pp. 63–66.
- [26] EUROCODE ČSN EN 1990:2002/A1 (příloha A2 pro mosty).
- [27] Pirner, M. – Fischer, O.: Wind-Induced Vibrations of Concrete Stress-Ribbon Footbridges. Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, 1998, pp. 74–76, 871–881.
- [28] Pirner, M. – Fischer, O.: Experimental Analysis of Aerodynamics Stability of Stress-Ribbon Footbridges. Wind and Structures, Vol. 2, No. 2, 1999, pp. 95–104.
- [29] Jirsák, M. – Král, J.: A New Wind Tunnel VZLÚ/KÚ for Wind Engineering. [Sborník], EECWE 94, Warszawa, 1994.
- [30] Pirner, M.: Dynamické zkoušky a diagnostika betonových mostů. Stavební obzor, 15, 2006, č. 1, s. 2–9.
- [31] Stráský, J.: Stress Ribbon and Cable-Supported Pedestrian Bridges. London, Thomas Telford 2005.
- [32] Studničková, M.: Investigation of Wind Effects on a Multi-Cable-Stayed Bridge with Prestressed Concrete. Journal of Wind Eng and Industrial Aerodynamics, 1986, No. 28.
- [33] ČSN EN 1991-2:2005. ČNI, 2005.

Pirner, M.: New Data on Footbridges Dynamics

This paper is aimed to present the latest experience gained in the field of footbridges design to the professional community. The text contains theoretical solutions, and especially results of experiments conducted on real structures. Further, the article shows model solutions. The note at the end highlights the connection with the project MOSTDYN (1F45D/013/120).

Pirner, M.: Neue Erkenntnisse über die Dynamik von Fußgängerbrücken und anderen leichten Brücken

Ziel des Artikels ist es, dem Fachpublikum die neuesten Erfahrungen im Bereich leichter Brücken vorzuführen. Der Text enthält theoretische Lösungen und insbesondere die Ergebnisse von Experimenten an wirklichen Bauwerken. Es werden auch Modelllösungen erwähnt. Eine Anmerkung am Ende des Artikels weist auf den Zusammenhang mit dem Projekt MOSTDYN (1F45D/013/120) hin.

Fyzikální modelování stupňovitého a hladkého skluzu

Ing. Martin KRÁLÍK, Ph. D.
 ČVUT – Fakulta stavební
 Praha

Bezpečnost hráze za povodně závisí velkou měrou na dostatečné kapacitě a správné funkci zařízení převádějícího povodňové průtoky z nádrže pod přehradou. To je nutno řešit v souladu s různorodými vodohospodářskými požadavky pro různé průtokové stavy, se zvláštním zřetelem k extrémním povodním.

Úvod

Vzhledem k tomu, že pro provozovatele vodního díla je významným ukazatelem provozní spolehlivost, je třeba dbát na co nejlepší hydrologické podklady, kvalitní hydraulické řešení a optimální stavební řešení. Provozní spolehlivost bezpečnostních zařízení na vodním díle ovlivňují také plaveniny a splaveniny, na které se při návrzích často zapomíná. Pro správnou a bezpečnou funkci vodních děl je nutný kvalitní návrh všech funkčních zařízení na základě hydraulických výpočtů, statických výpočtů, hydraulického výzkumu a provozních zkušeností na podobných již postavených dílech.

Tlumení energie na přelivu by mělo být co nejmenší, aby bylo možno povodeň převést za co nejlepších hydraulických podmínek. Platí zde přímá úměra – čím lepší hydraulické vlastnosti přelivu, tím bezpečnější převedení povodně a následně i nižší náklady na výstavbu díla a na povodňové škody. Skluz odvádí vodu při povodni od přelivu do toku pod přehradou. Je vhodné, aby se voda dostala do koryta toku dostatečně daleko od paty hráze, aby energie vody nenarušila její stabilitu. Jednou z možností je utlumit (částečně) energii vody přímo ve skluzu pomocí stupňů, kaskád nebo rozrážečů, další možností je tlumení energie až ve vývaru pomocí vodního skoku. Kombinace obou možností přináší různé varianty pro řešení v konkrétních projektech.

Skluz

Skluz je umělý žlab s větším sklonem, používaný k odvedení přepadající vody od bočního nebo postranního přelivu. Dno i stěny jsou hladké, někdy je dno stupňovité. Spojením hladin vodních děl se rozumí komplex hydraulických jevů při přechodu vodního proudu přes vodní dílo, počínaje horní vodou a konče v místě dolní vody, kde se vytvoří přirozený odtokový režim daný hydraulickými a geometrickými parametry koryta. Horní a dolní vodu je možné spojit pomocí hladkého nebo stupňovitého (kaskádovitého) skluzu. V obou případech se tlumí energie vody odlišně. Na hladkém skluzu se tlumí převážně až ve vývaru ve vodním skoku. U stupňovitého se tlumí již při průběhu přes stupně a míra tlumení závisí na výšce stupňů a hloubce paprsku vody protékající skluzem. Částečné utlumení energie vody na stupních má za následek méně energie ve vývaru, a proto může mít i menší rozměry. Ve skluzech na přehradách bývá bystřinné proudění, což může způsobit návrhové i provozní komplikace i navazujícího vývaru.

Vodní dílo Fryšták

Komplikace při návrzích a posuzování hydraulické funkce skluzů je možno dokumentovat na příkladu VD Fryšták (obr. 1). Kaskádový skluz je tvořen stupňovitým dnem z betonových prefabrikátů a šikmé stěny skluzu jsou betonované na místě. Skluz je zatočený do oblouku, stěny skluzu nejsou stejně vysoké. Přelévání stěny při extrémních povodních je způsobeno příčnými vlnami vznikajícími při bystřinném proudění.



Obr. 1. Kaskádový skluz, portál štoly a vývar na VD Fryšták

Vodní díla – TBD, a. s., popisují ve své zprávě [1]: „V rámci poslední zpracovaného posudku VD Fryšták za povodni (11/1997) nebyly (dle zadání) přezkoumány a zahrnuty do souhrnného hodnocení převedení povodňové objekty pod bezpečnostním přelivem (skluz a vývar). Posouzení těchto objektů bylo doporučeno (a předpokládalo se) v následném podrobném posudku. Byla zejména vyslovena obava, že zvláště u kaskádového skluzu, který se směrem dolů zužuje, může za povodně dojít k přelití jeho bočních zdí a současně i ke zmenšení kapacity bezpečnostního přelivu zpětným vzdouváním vody ve skluzu. Toto pak bylo předmětem podrobnějšího zkoumání v tomto posudku a je zde níže popsáno. Při extrémních průtocích (jako je převedení PV10 000 resp. I PV2000) je možné připustit vyběžení průtoku přes korunu levé zdi skluzu. Vede nás k tomu úvaha, že k vyběžení dojde na rostlý terén, případně na svah násypu silničního tělesa v jeho dolních partiích. Zde totiž nehrozí havárie vlastní proudící vody. Havárie by však byla značně pravděpodobná pokud bychom připustili (za současného stavu reálnou) možnost přelití pravé zdi skluzu přímo na vzdušní líc tělesa hráze. Tato skutečnost by byla pak pro posouzení kapacity skluzu a návrh případných sanačních opatření klíčová.“

Hydraulické vztahy

Přepad vody přes přelivné těleso se Smetanovou plochou se počítá z rovnice

$$Q = mb_0 \sqrt{2gh_0^{3/2}}, \quad (1)$$

kde Q je průtokové množství [m^3s^{-1}] a m součinitel přepadu, přičemž

$$m = 0,5 \left(0,63 + 0,37 \sqrt{\frac{h}{h_n}} \right), \quad (2)$$

kde b_0 je účinná šířka přelivu [m], h_0 přepadová výška [m].

Výpočet vzájemných hloubek prostého vodního skoku je možno stanovit z rovnice

$$y_c = \frac{q}{\varphi \sqrt{2g(E - y_c)}}, \quad (3)$$

$$y_2 = \frac{y_c}{2} \left[\sqrt{1 + \frac{8q^2}{gy_c^3}} - 1 \right], \quad (4)$$

kde y_c je první vzájemná hloubka [m],

y_2 – druhá vzájemná hloubka [m],

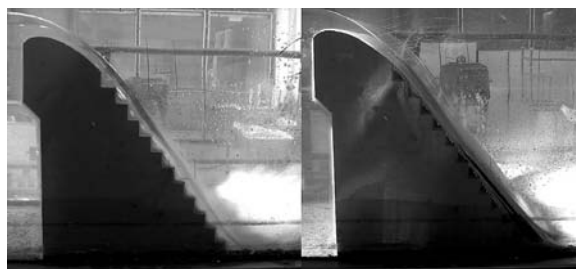
q – měrný průtok [m^2s^{-1}],

E – energetická výška [m],

φ – rychlostní součinitel.

Model skluzu

Předmětem výzkumu bylo porovnání podílů, jakými se tlumení energie účastní hladký a stupňovitý skluz. Mírou účinku byly parametry vodního skoku na konci skluzu. Modely skluzů z PVC, pozinkovaného plechu a silikonového tmele byly vytvořeny v hydraulickém žlabu šířky 0,52 m a délky 12 m. Délka žlabu byla dostatečná pro uklidnění hladiny před přelivem (Smetanova plocha) a následné uklidnění pod skluzem. Bylo vytvořeno šest variant skluzu, tj. tři modely, každý s jednou přestavbou (obr. 2, obr. 3, obr. 4). Smetanova plocha byla navržena jako beztlaková při přepadové výšce 73 mm. Při pokusech s hladkým skluzem navazovala plocha skluzu v daném sklonu (1 : 0,75, 1 : 1,5 a 1 : 2,25) na Smetanovu přelivnou plochu. Při variantách se stupňovitým skluzem navazovalo dvanáct stupňů (pro všechny varianty) výšky 30 mm na Smetanovu přelivnou plochu v daném sklonu (1 : 0,75, 1 : 1,5 a 1 : 2,25). Nastavení průtoku od 5 do 50 ls^{-1} bylo pomocí šoupátka a měření probíhalo na měrném Thomsonově přelivu. Hladina dolní vody pro zajištění přilehlého vodního skoku byla nastavena klapkou na konci žlabu.



Obr. 2. Varianta skluzu se sklonem 1 : 0,75 (stupňovitý a hladký)



Obr. 3. Variant skluzu se sklonem 1 : 1,5 (stupňovitý a hladký)

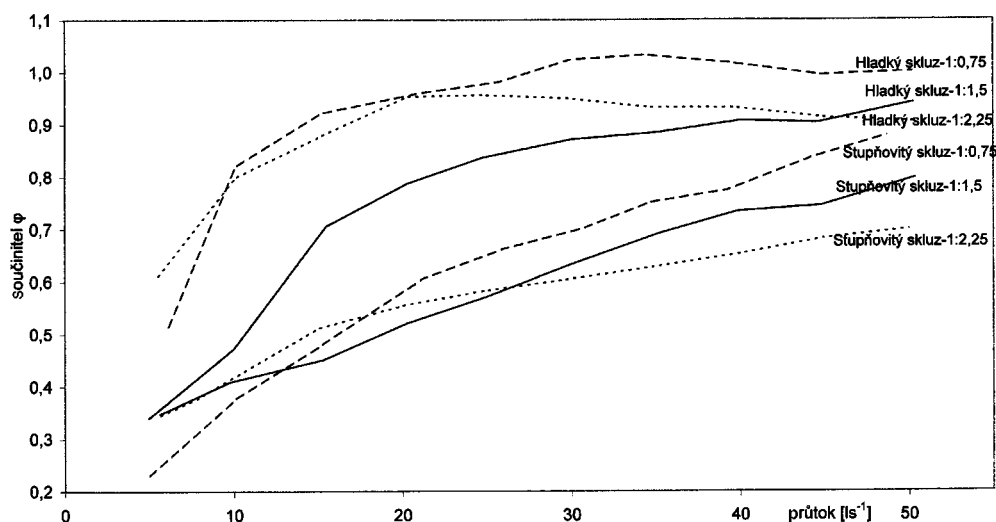


Obr. 4. Varianta skluzu se sklonem 1 : 2,25 (stupňovitý a hladký)

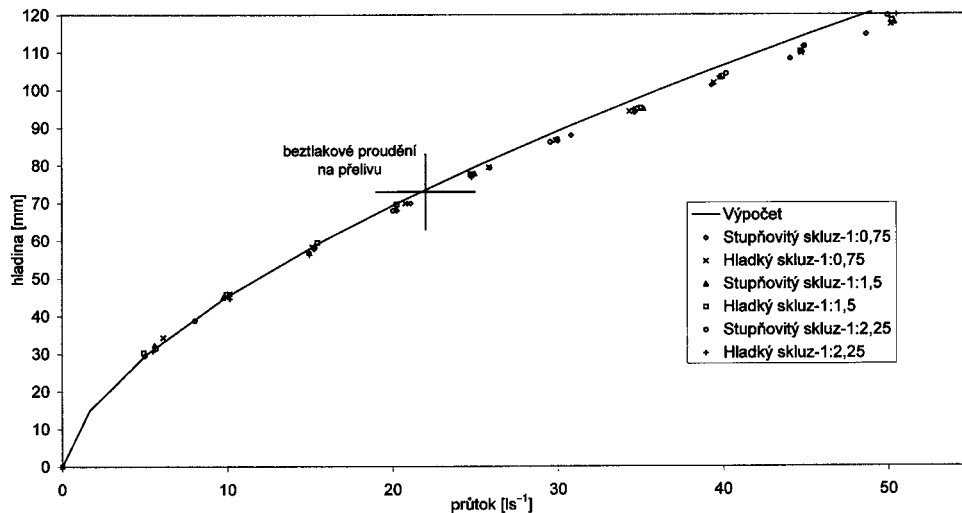
Výsledky experimentů

Cílem výzkumu na hydraulických modelech skluzů bylo porovnání tlumení energie při různých variantách skluzu (sklon 1 : 0,75; 1 : 1,5; 1 : 2,25 ve variantách stupňovitý a hladký skluz) a ověření kapacity přelivné plochy v závislosti na různých druzích podepření paprsku přepadající vody skluzem. Tlumení energie pod skluzem od přelivu bylo možno kvalitativně vyhodnotit stanovením rychlostního součinitele φ vycházejícího ze vzorce pro první vzájemnou hloubku ve vodním skoku (3). Hladina první a druhé vzájemné hloubky se měřila hrotovým měřítkem s přesností 1 mm. Porovnání rychlostních součinitelů pro různé varianty skluzů je rychlou možností vyhodnocení tlumení energie vody na skluzech. Rychlostní součinitel φ v grafu závislosti na průtoku, při různých variantách skluzu, je na obr. 5. Je patrné, že tlumení energie na stupňovitém skluzu je v rozmezí 20 až 70 %.

Konzumční křivka přelivu byla sestrojena na základě vstupních dat hladiny před přelivem a odpovídajícího průto-



Obr. 5. Porovnání rychlostního součinitele φ pro různé varianty skluzu



Obr. 6. Porovnání konzumní křivky vypočítané se sestrojenými z údajů z experimentů na modelech skluzů

ku. Hladina před přelivem se zjišťovala hrotovým měřítkem s přesností 0,1 mm, průtok se měřil na měrném přelivu s přesností ~3 %. Vypočítanou teoretickou konzumní křivku podle vzorců (1) a (2) je možno porovnat s naměřenými hodnotami v obr. 6.

Využití výsledků experimentů v praxi

Je třeba připomenout, že jde o laboratorní výsledky změněné za ideálních podmínek (bezvětrí, čistá voda bez plavenin, bez splavenin, bez zámruzu a bez ledových jevů). Fyzikální modelování postihlo pouze šest zjednodušených variant skluzů. Modely byly pouze pro základní typy skluzu, který je situačně přímý. Pro skluzy půdorysně zakřivené se dají výsledky modelového výzkumu použít pouze orientačně. V České republice se vyskytují další typy přelivů se skluzy a posuzování kapacity a tlumení energie na základě výsledků experimentů je omezeno geometrickou podobností.

Při návrzích kaskádových skluzů jsou výsledky experimentů cenným zdrojem informací pro prvotní návrh, popřípadě pro výsledný návrh u jednoduchých skluzů. U složitějších skluzů (složitěji uspořádaných, výškově složených) by mělo po návrhu následovat ověření fyzikálním modelováním. Nicméně kvalitní prvotní návrh může do značné míry ušetřit čas a peníze vynaložené na ověřování funkce skluzu.

Závěr

Kaskádové skluzy na vodních dílech mají nespornou výhodu v tlumení energie již na skluzu, i tím se omezí objem energie pro tlumení ve vývaru. Podle typu skluzu, výšky stupňů a výšky paprsku vody se tlumení energie pohybuje mezi 20 až 70 % celkové energie dané energetickou výškou (na přehradách může být i několik desítek metrů). Rozhodování, které opatření na tlumení energie použít, by mohlo být usnadněno porovnáním výsledků experimentů na modelech skluzů.

Vizuálním pozorováním modelů skluzů při pokusech se zjistilo, že se nevyskytovalo komplikované proudění (úplavy, příčné vlny, pulzující paprsek vody), a proto lze říci, že takovéto typy skluzů jsou vhodné pro návrhy na nových vodních dílech. Na základě modelového výzkumu lze také uvést, že výsledky experimentů se dají použít i pro posouzení již postavených skluzů na vodních dílech.

Fyzikální modely skluzů byly postaveny a tento příspěvek vznikl za podpory projektu č. 103/04/0701 „Opatření pro zmírnění následků extrémních hydrologických jevů v povodích“.

Literatura

- [1] VD Fryšták – posudek bezpečnosti vodního díla za povodní v Brně 12/2005. Vodní díla – TBD, a. s.
- [2] Kolář, V. – Patočka, C. – Bém, L.: Hydraulika. Praha, SNTL/Alfa 1973.
- [3] Broža, V. – Kratochvíl, J. – Peter, P. – Votruba, L.: Přehrad. Praha, SNTL/Alfa 1987.
- [4] Čábelka, J. – Gabriel, P.: Matematické a fyzikální modelování v hydrotechnice. Praha, Academia 1987.
- [5] Havlík, V. – Marešová, I.: Hydraulika (příklady). Praha, Vydavatelství ČVUT 1990.

Králík, M.: Physical Modelling of a Stepped and Smooth Chute

Dam safety during floods largely depends on a sufficient capacity and correct functioning of the facility transferring flood discharges from the reservoir to the space below the dam. It has to be solved in accordance with various water management demands for various discharge stages, with a special regard to extreme floods.

Králík, M.: Physikalische Modellierung einer stufenartigen und einer glatten Rutschung

Die Sicherheit eines Dammes bei Hochwasser hängt in hohem Maß von der ausreichenden Kapazität und der richtigen Funktion der Einrichtung ab, welche die Hochwasserdurchflüsse aus dem Staubecken in den Wasserlauf unterhalb der Talsperre führt. Dies muss im Einklang mit verschiedenartigen wasserwirtschaftlichen Anforderungen für verschiedene Durchflusstände gelöst werden, und zwar mit besonderem Augenmerk auf extreme Hochwässer.

Nové technologie pro řízení zemních strojů

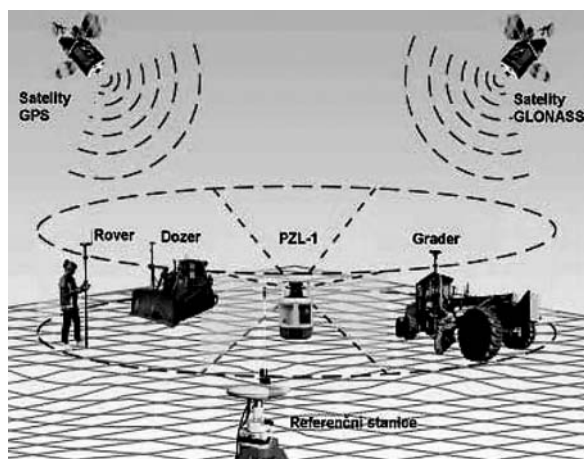
Ing. Tomáš KŘEMEN
 doc. Ing. Jiří POSPÍŠIL, CSc.
 doc. Ing. Milan KAŠPAR, CSc.
 ČVUT – Fakulta stavební
 Praha

V článku je popsáno řízení zemních strojů pomocí satelitních navigačních systémů GPS, GLONASS a GALILEO firmy Topcon. Zvláštní pozornost je věnována systému mmGPS a síti permanentních referenčních stanic TopNET.

Satelitní systémy

Firma Topcon ve svých systémech řízení zemních strojů využívá navigačních satelitů amerického systému GPS Navstar (29 družic), který označuje GPS, a dále kombinace navigačních satelitů ruského systému GLONASS (17 družic) a GPS s označením GPS+. Vzhledem k tomu, že se navigační systémy GPS a GLONASS modernizují a byly vypuštěny první satelity evropského systému GALILEO, dá se očekávat, že uživatelé budou požadovat využití starých i nových signálů na stávajících systémech i ze systému GALILEO. Proto firma Topcon vytvořila univerzální sledovací technologii G3. Nový čip Paradigm G3 obsahuje 72 univerzálních kanálů schopných sledovat současné i budoucí signály ze všech tří navigačních systémů.

Systém řízení GPS+ dosahuje přesnosti 10 mm v poloze a 20 mm ve výšce. Při satelitním řízení bývá výšková složka méně přesná než složka polohová. Větší přesnost ve výšce (mezi 2 mm až 5 mm) poskytuje systém mmGPS, skládající se ze systému GPS+ a systému Lazer-Zone [3] (obr. 1).



Obr. 1. Systém mmGPS

Systém mmGPS

Při řízení tímto systémem se referenční stanice umístí nad známý bod a radiovou linkou nebo GSM se přenášejí korekční data na pohyblivý přijímač GPS (rover), umístěný na řízeném stroji. K této standardní sestavě je přidán vysílač systému Lazer-Zone PZL-1 a laserový přijímač PZS-1 nebo PZS-MC

(tab. 1). Vysílač PZL-1 je umístěn nad známým bodem do pracovní vzdálenosti 300 m vzhledem k řízenému stroji. To znamená, že jeden vysílač je schopný pokrýt signálem pracovní oblast o průměru 600 m. V rozsahu jednoho vysílače může pracovat neomezený počet přijímačů. Přijímač PZS-1

Tab. 1. Technické parametry systému Lazer-Zone

Parametr	Vysílač PZL-1	Přijímač PZS-1	Přijímač PZS-MC
vertikální šířka svazku	$\pm 10^\circ$ (ve vzdálenosti 5–30 m), ± 5 m (ve vzdálenosti 30–300 m)	–	–
dosah	300 m	–	–
automatická horizontace	$\pm 5^\circ$	–	–
rychlost rotace	600 ot/min	–	–
bezpečnostní třída	1	–	–
přijímací pole	–	$\pm 10^\circ \times \pm 10^\circ$	$\pm 10^\circ \times 360^\circ$
počet kanálů	4	4	4
centrace	ano	–	–
bluetooth	ano	–	–
port I/O	RS-232C	RS-232C	–
upevnění	–	závit 5/8x11	–
napájení	Ni-MH, 4 D-články Alkaline	BT-59Q videobaterie	baterie 8 V až 32 V
pracovní doba [h]	20 (alk.), 15 h (Ni-MH)	8	–
vodotěsnost	IPX6	IPX6	IPX6
pracovní teplota [°C]	-20 až +50	-20 až +50	-20 až +50
hmotnost [kg]	–	1	méně než 3



Obr. 2. Systém Lazer-Zone

je umístěn s roverem na výtyčku a používá se pro kontrolu zemních prací. Přijímač PZS-MC je umístěn s roverem na zemním stroji a slouží k jeho řízení. Oba typy přijímačů mohou rozlišit signály od čtyř různých vysílačů schopných pokrýt pracovní území liniové stavby až v délce 2,4 km. Jednotlivé součásti systému Lazer-Zone jsou na obr. 2.

Přijímač PZL-1 vysílá modulovaný laserový svazek, který ve vzdálenosti 30 m vytváří „laserovou stěnu“ o výšce 10 m a aktivním dosahu 300 m od vysílače. Díky speciální modulaci laserového svazku je schopen určit v rámci desetimetrové výšky „laserové stěny“ svou polohu ve výšce. V tomto vertikálním rozsahu mohou být použity všechny přijímače a určit svou výškovou odchylku vzhledem k laserovému vysílači. Toto určení výškové složky systémem Lazer-Zone nahrazuje méně přesné určení satelitní navigací.

Síť TopNET

S rozšiřujícím se využíváním systémů GPS a GLONASS se zvyšuje poptávka po diferencním GPS (DGPS) a korekcích RTK poskytovaných pro vyhodnocení měření. Síť permanentních stanic CZEPOS umožňuje tyto korekce jen u přijímačů využívajících pouze satelitů GPS. Výhradním dovozcem duálních přijímačů firmy Topcon do ČR je firma Geodis Brno a ta začala budovat síť TopNET .

Satelitní přijímače pro permanentní síť

Pro systémy GPS a GLONASS jsou k dispozici dva modely – duální GB-1000 a Odyssey RS. Oba jsou navrženy speciálně pro síťové aplikace a pro dlouhodobou spolehlivou a nepřerušovanou činnost. V síti TopNET se používají přijímače GB-1000 (tab. 2).

Tab. 2. Přijímače GB-1000 pro TopNET

Sledované signály	GPS , GLONASS, L1,L2,C/A a P kod
Upgrade rate	1 s
RTK	1 s
Paměť	96 MB
Porty	3 x RS-232, USB, Ethernet

Při použití systémů GPS a GLONASS v závislosti na požadavcích uživatele jsou k dispozici dva typy antén, CR-3 a PG-A1. Oba mohou být dodány s ochranným kuzelem. Síťový software je založen na modulární struktuře tvořené několika moduly:

- TopNET-S zajišťuje komunikaci mezi referenčními stanicemi a serverem přes internet, modem, USB nebo sériové rozhraní;
- TopNET-R je klientský program, který řídí a ovládá referenční stanice připojené přes TopNET-S. Umožňuje monitorování stanic, organizaci přenosu měřených dat, dálkový upgrade firmware apod.;
- TopNET-N jako klientský síťový program přijímá a vysílá data RTK ke koncovým uživatelům a umožňuje zapojit do sítě i referenční přijímače jiných výrobců;
- TopNET-VRS umožňuje modelovat RTK dat ve formátu FKP, VRS a RTCM 3.0 a generovat korekce DGPS. Data jsou k dispozici v internetovém protokolu NTRIP.

Datová komunikace

Referenční stanice jsou propojeny se serverem pomocí internetové sítě protokolem TCP/IP, buď přímo drátovým spojením, nebo pomocí modemů WIFI nebo GPRS. Připoje-

ní přijímačů „rover“ je pomocí GPRS modemů (mobilních telefonů) protokolem NTRIP.

Vlastnosti sítě

Síť permanentních referenčních stanic Topcon, řízená síťovým softwarem TopNET, má tyto vlastnosti:

- poskytuje kontinuální RTK a „post-processing“ data ve formátu RINEX. Data RTK jsou ve formátu RTCM 2.3, FKP, VRS, RTCM 3.0;
- může být zaveden společný komunikační systém;
- všechny referenční stanice jsou nastaveny v jednom souřadnicovém systému a jsou průběžně monitorovány;
- zjištěné problémy systému jsou hlášeny obsluze;
- má podporu GPS a GLONASS.

Tyto funkce poskytují uživatelům, kteří požadují RTK a „post-processing“ data, následující výhody:

- korekce RTK jsou trvale poskytovány v oblasti pokryté sítí, čímž nahrazují potřebu zřizování dočasných referenčních stanic;
- korekce RTK jsou poskytovány automaticky z nejbližší referenční stanice;
- eliminují hrubé chyby v nastavení dočasných referenčních stanic;
- není nutná obsluha referenční stanice;
- definují komunikační metody v oblasti pokryté;
- okamžité „jednomužné“ RTK řešení pro více zákazníků;
- kompletní síť VRS může zvýšit přesnost a zkrátit dobu inicializace;
- podpora GPS a GLONASS umožňuje rozšířenou činnost v oblastech se zastíněnými satelity (umělými nebo přírodními překážkami, pod stromy) a nebo v časových intervalech s nedostatečným počtem satelitů GPS.

Současný stav a výhled jejího budování

V současné době je do sítě TopNET připojeno jedenáct přijímačů GPS a GLONASS, v následujícím období přibude dalších pět přijímačů. Souřadnice všech bodů připojených do sítě jsou určeny v systému ETRS z bodů sítě DOPNUL.

Vzhledem k tomu, že byly vypuštěny první satelity evropského systému GALILEO, přichází firma Topcon s univerzální sledovací technologií G3. Tato technologie umožňuje sledovat na 72 univerzálních kanálech současné i budoucí signály ze všech tří navigačních systémů:

GPS	L1, L2 a L5 nosná, C/A a L2C, P-Code na L1 a L2
GLONASS	L1 a L2 nosná, L1 CA a L2 CA, P-Code na L1 a L2
GALILEO	L1, E1, E2, E5 a E6

První přijímač využívající tuto technologii je NET G3, určený speciálně pro referenční stanice v permanentních sítích. Rovněž byla vyvinuta anténa CR-G3, určená pro příjem výše uvedených signálů. Jakmile bude možné začít komerčně využívat všech nových signálů, předpokládá se postupná obnova duálních přijímačů v síti za přijímače Topcon NET-G3.

Předvedení v praxi

Nové technologie firmy Topcon byly prezentovány na jarním semináři v Praze. Praktické ukázky řízení stavebních zemních strojů probíhaly na stavbě rychlostní komunikace R6 blízko obce Pavlov [1]. Nivelační systém mmGPS byl umístěn na graderu CAT 143H (obr. 3) a na finišeru Vögele 2100 (obr. 4), který pokládá vrstvu vozovky podle digitálního modelu terénu (DMT). Na obrázku 5 je obrazovka v kabině strojníka. Dozer CAT D6N s šesticestnou radlicí praco-



Obr. 3. Nivelační systém mmGPS umístěný na graderu CAT 143H



Obr. 6. Dozer CAT D6N s šesticestnou radlicí a duální anténou GPS



Obr. 4. Nivelační systém mmGPS umístěný na finišeru Voegle 2100



Obr. 7. Kontrola metodou RTK GPS a mmGPS RTK

val s duální anténou GPS (obr. 6) umožňující změnu úhlu řezu radlice. Přesnost zemních prací se kontrolovala metodou RTK GPS a mmGPS RTK (obr. 7).



Obr. 5. Obrazovka v kabině strojníka

Závěr

Technologie pro řízení zemních strojů systémem mmGPS představuje nejefektivnější zařízení používající družicové navigační technologie ve spojení s unikátním systémem Lazer-Zone. Toto spojení zvyšuje přesnost ve výškové složce v optimálním případě až na hodnotu 2 mm, což umožňuje řízení finišerů pokládajících vrchní vrstvy vozovky. Přednosti satelitního řízení zemních strojů:

- není nutná přímá viditelnost,
- dosah na velké vzdálenosti, minimální vliv počasí,
- 1 referenční stanice pro mnoho strojů,
- žádné optické a mechanické díly,
- snížení nákladů na materiál, časové náročnosti, spotřeby pohonných hmot,
- snížení nákladů na geodetické práce,
- odstranění prostožů,
- snadná kontrola,
- práce podle DMT,
- omezení chyb lidského faktoru.

Článek vznikl na základě podpory projektu č. 103/06/0617 GA ČR.

Literatura

- [1] Křemen, T. – Kašpar, M. – Pospíšil, J.: Předvedení technologií firmy Topcon pro řízení zemních strojů. *Stavební technika*, 5, 2006, č. 3, s. 10–11.
 [2] Kašpar, M. – Voštová, V.: Lasery ve stavebnictví a navigace strojů. Praha, Informační centrum ČKAIT 2001, 148 s.
 [3] Firemní literatura.

Křemen, T. – Pospíšil, J. – Kašpar, M.: New Technologies for Earth Working Machinery Control

This paper describes the control of earth working machinery using GPS, GLONASS and GALILEO navigation systems. Special attention is paid to the mmGPS system and the TopNET network of permanent reference stations.

Křemen, T. – Pospíšil, J. – Kašpar, M.: Neue Technologien zur Steuerung von Erdbaumaschinen

Im Artikel wird die Steuerung von Erdbaumaschinen mit Hilfe der Satelliten-Navigationssysteme GPS, GLONASS und GALILEO beschrieben. Besondere Aufmerksamkeit wird dem System mmGPS und einem Netz von TopNET-Referenzstationen gewidmet.

• dizertace



Developerské projekty bytové výstavby v Praze

Ing. Dana Čápková

Dizertace formuluje kvantifikační přístup k hodnocení developerských projektů z časového hlediska. Práce rozšiřuje metodické nástroje pro hodnocení projektů a vyjadřuje se k ohrožení developerů při realizaci nových projektů. Potvrzuje, že objem výstavby úzce souvisí s úrokovou mírou a příjmy obyvatelstva.

Odstraňování dusíku a fosforu na čistírnách odpadních vod

Ing. Jan Topol

Autor se zabývá zařazením prefermentace do technologické linky typu SBR a zaměřuje se na hodnocení a modifikaci technologie aktivačního systému pro odstraňování nutrientů. Téma je aktuální a práce je přínosem pro čistírenskou technologii i praxi.

Hydraulický model řešení vodovodních sítí

Ing. Jan Kobr

Práce řeší pomocí moderních prostředků matematického modelování otázku spojené s řízením vodárenského distribučního systému vody. Výsledky mohou přispět ke zlepšení jakosti vody při současné úspoře prostředků vynaložených na její dopravu.

• literatura

Žák, L. a kol.

Jizerskohorské přehrady a katastrofa na Bílé Desné – protržená přehrada



Publikace se zabývá ničivými povodněmi v oblasti Jizerských hor v průběhu 19. století, vznikem vodních družstev a následnou historií výstavby osmi vodních děl – Harcova, Bedřichova, Fojtky, Mlýnice, Mšena, Souše, Bílé Desné a Josefova Dolu, z nichž některé slouží již více než sto let. Kniha, vycházející u příležitosti 90. výročí protržení přehrady na Bílé Desné v roce 1916, přináší řadu

nových informací z průběhu samotné katastrofy, dobové významy pamětníků a odhaluje hlavní příčiny protržení hráze, a to i na základě nejnovějšího geotechnického výzkumu v devadesátých letech 20. století. To vše doprovází velké množství historických a současných fotografií, dobových pohlednic a stavebních plánů, z nichž mnohé jsou publikovány vůbec poprvé. Turistům a milovníkům hor jsou doporučeny i některé zajímavé turistické trasy a zastavení v okolí vodních nádrží.

Knihy 555, Liberec, 156 s., cena 308 Kč



Zvyšování kvalifikace v oblasti Doprava

Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava ve spolupráci s Centrem dopravního výzkumu pořádá semináře v rámci projektu Zvyšování kvalifikace v oblasti Doprava.

Více informací o kurzech naleznete na www.esf-zkod.cz

Semináře jsou pořádány pro zájemce z řad široké veřejnosti bezplatně



Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky

Věra Peterková, CSc.

STRUČNÝ TEMATICKÝ SLOVNÍK

anglicko-český

ekologie a životní prostředí

5. téma - ekologie a životní prostředí

Health and Environment

acute	akutní, prudký, náhlý	c. risk	riziko onemocnění rakovinou
a. illness	akutní onemocnění	skin c.	rakovina kůže
admission	přijetí	carcinogen	karcinogen
adverse	škodlivý, špatný, negativní	carcinogenic	karcinogenní
a. effects	škodlivé účinky	c. compounds	karcinogenní sloučeniny
a. health impacts	škodlivý, nežádoucí vliv na zdraví	c. material, <i>syn:</i> c. substance	karcinogenní materiál, látka
affect	ovlivnit, postihnout	care	péče
a. human health	poškodit lidské zdraví	health c.	zdravotní péče
after-effects	důsledky, následky; vedlejší účinky	hospital c.	nemocniční péče
leave a.-s.	zanechávat následky	cataract	katarakta, šedý zákal
ageing	stárnutí	change	změna; střídání
premature a.	předčasné stárnutí	ch. in temperature	změna teploty, teplotní změna
skin a.	stárnutí kůže	chemical	chemikálie; chemický
agent	agens, činitel; původce	ch-s in drinking water	chemikálie v pitné vodě
infectious a.	infekční agens	chronic	chronický
pathogenic a.	patogenní původce choroby	ch. respiratory diseases	chronické respirační choroby
airborne	ze vzduchu, vzduchem roznášený	communicable	nakažlivý, přenosný
a. allergens	vzdušné alergeny	c. diseases	nakažlivé, přenosné choroby
a. dust	polétavý prach	concentration	koncentrace, soustředění
a. pollutants	škodliviny přenášené ovzduším, rozptýlené v ovzduší	high c-s of particulates	vysoké koncentrace prachových částic
allergen	alergen	contact	kontakt
allergic	alergický	occasional c. with a contaminant	příležitostný kontakt se škodlivinou
a. reaction	alergická reakce	contamination	kontaminace, znečištění, zamoření
allergy	alergie	c. of drinking water	kontaminace, znečištění pitné vody
pollen a.	a. na pyl, pylová alergie	microbiological c.	mikrobiologické znečištění
have a dust a., <i>též:</i> have an a. to dust	být alergický na prach	damage	poškození; poškodit
allowable	přípustný	eye d.	poškození zraku
a. dose	přípustná, povolená dávka	health d.	poškození zdraví
asbestos	azbest	danger	nebezpečí, hrozba, riziko
a. dust	azbestový prach	d. of infection	nebezpečí nákazy
asbestosis	azbestóza	death	smrt
asthma	astma, záducha	d. rate	úmrtnost
attention	ošetření, péče	detrimental	škodlivý
medical a.	lékařské ošetření	d. level	škodlivá hladina (např. hluku)
blindness	slepota	die	zemřít, umřít
snow-b.	sněžná slepota	d. from cancer	zemřít na rakovinu
bronchitis	brontichida	disease	nemoc, choroba
chronic b.	chronická bronchitida	infectious d.	infekční nemoc, choroba
cancer	rakovina, karcinom	insect-borne d.	nemoc přenášená hmyzem
		water-borne d.	nemoc přenášená vodou

disturbance	porucha, narušení	i-ed food	potraviny konzervované ozářením
sleep d.	porucha spánku	keratosis	keratóza, zrohovatění
disturbing	rušivý	solar k.	keratóza ze slunečního záření
d. noise	rušivý hluk	lead	olovo
dose	dávka	l. emission	emise olova
allowable d., <i>těž:</i> permissible d.	přípustná dávka	l. poisoning	otrava olovem
fatal d.	smrtná dávka	life expectancy	délka života
endanger	ohrožovat	lifestyle	životní styl
e. human health	ohrožovat lidské zdraví	healthy l.	zdravý životní styl
environmental factor	faktor prostředí	long-term	dlouhodobý
e. f-s. contribute to heart disease	faktory prostředí se podílejí na onemocnění srdce	l.-t. loading	dlouhodobé zatížení
excessive	nadměrný, přílišný	loss	ztráta
e. exposure to sunlight	nadměrné vystavování se slunci	l. of skin elasticity	ztráta elasticity, pružnosti kůže
extreme	extrém; extrémní, nadměrný	noise	hluk
temperature e-s	teplotní extrém	undesired n.	nežádoucí, rušivý hluk
harmful	škodlivý	noisy	hlučný
h. to the lungs	škodlivý pro plíce, poškozující plíce	non-toxic	netoxický
harmless	neškodný	noxious	škodlivý, zhoubný
health	zdraví	n. gas	škodlivý plyn
h. problems	zdravotní problémy	occurrence	výskyt, rozšíření
h. protection	ochrana zdraví	infectious disease o.	výskyt, rozšíření infekční choroby
healthy	zdravý, zdraví prospěšný	overexposure	nadměrné vystavení, vystavování (se)
h. food	zdravá výživa	o. to sunlight	nadměrné vystavování se slunci
heat	horko, teplo	pressure	tlak, zátěž, tíha, stres
h. wave	vlna veder	the p-s of modern life	stres moderního života
heavy-metal content	obsah těžkých kovů	prevention	prevence, zamezení, ochrana před čím
heavy-metal-rich	bohatý na těžké kovy	disease p.	prevence nemocí
immune	imunní, odolný; imunitní	p. of noise pollution	ochrana před hlukem
i. systém	imunitní systém	protection	ochrana
i. response	imunologická reakce	health p.	ochrana zdraví
immunity	imunita, odolnost	p. factor	ochranný faktor
immunosuppression	imunosuprese	sun p. factor (SPF)	ochranný sluneční faktor
incidence	výskyt	radiation	radiace, záření, vyzařování
cancer i.	výskyt rakoviny	r. injury	poškození zářením, radiační poškození
increased levels of UV radiation	zvýšená hladina UV záření	smoking-related diseases	nemoci způsobené kouřením, spojené s kouřením
induce	vyvolat, způsobit, přivodit	sunscren, těž: sunblock	krém, olej s ochranným slunečním filtrem
infection	infekce, nákaza	suspended particulates	polévatý prach, rozptýlený prach
bacterial i.	bakteriální infekce	threshold	práh, počátek; prahový, počáteční
dust i.	infekce z prachu	t. concentration	prahová koncentrace
water-borne i.	infekce z vody	ultra-fine dust (UFD)	velmi jemný prach
intake	příjem	warming	oteplování; ohřívání
acceptable daily i.	přípustná denní dávka	wave	vlna
irradiate	ozářit	heat w.	vlna veder
		weather effects	vlivy počasí, povětrnostní vlivy

Literatura

- [1] Europe's Environment – The Dobříš Assessment. EEA Copenhagen 1995.
- [2] Jilemnická, L. – Johnová, J. – Nivenová, R. – Peterková, V.: English Reader for Civil Engineering (Environmental Issues). Praha, ČVUT 2004.
- [3] Křivka, P. – Růžička, J.: Odborný slovník anglicko-český a česko-anglický. Ekologie a ochrana životního prostředí. Praha, Loxia 1999.
- [4] Hájková, J. a kol.: Anglicko-český a česko-anglický slovník ekologie a životního prostředí. Praha, Fontána 1998.
- [5] Fronek, J.: Anglicko-český slovník s nejnovějšími výrazy. Praha, Leda 1996.
- [6] Topilová, V.: A-Č, Č-A lékařský slovník. Praha, Grada 1999.
- [7] Elman, J. – Michalíček, V.: Anglicko-český technický slovník. Praha, Sobotáles 1998.

• zprávy

ECE A Passerinvest představily svou vizi Karoliny



Koncem dubna vyjel z ostravského hlavního nádraží zvláštní vlak pod označením Os 31132 Karolina Expres. Pozvaní novináři se v něm mohli mezi prvními seznámit s projektem Nová Karolina, který do developerské soutěže, vyhlášené Magistrátem města Ostravy, přihlásily společnosti ECE Projektmanagement Praha a Passerinvest Group. Cílem je vybudovat z bývalého průmyslového areálu živou a moderní městskou čtvrť, kde se bude příjemně bydlet, pracovat, nakupovat i odpočívat. Obě společnosti dlouhodobě usilují o výstavbu na tomto území, ECE spolupracuje se statutárním městem Ostrava již pět let. Součástí soutěžního projektu je příprava území pro plánovanou výstavbu kampusu Ostravské univerzity a komplexní plán dopravní infrastruktury navazující na stávající okolní zástavbu.



Základními principy návrhu jsou multifunkční využití území, jeho citlivé napojení na okolní zástavbu, přizpůsobení se systému a výšce městských bloků a vhodné napojení dopravního systému. Stejně důležitá je snadná průchodnost územím a vytvoření systému zeleně a odpočinkových ploch.

Severně u nábreží slučují bloky domů funkce bydlení, kanceláří a drobných obchodů. Alternativně je tato část vyhrazena pro možnou expanzi Ostravské univerzity. Systém budov je založen obdobně jako stará zástavba a podporuje jednoduchost a čitelnost dopravních propojení, zejména pěších tahů s jasnou návazností na centrum města. Kolem Dvojhalí je umístěna zóna kulturní a rekreační, zachovávající ducha industriálních hal, s novou atmosférou prostor pro konání společenských událostí. Západně od Dvojhalí je navrženo náměstí s vyhlídkovou věží, navazující na park lemující Ostravici. Významným společenským prvkem, nahrazujícím původní funkci tržiště v historických centrech měst, je obchodní galerie ve středu území. Je položena mezi pěší zónou s tramvajovou tratí a hlavním dopravním bulvárem tvořícím pohledovou osu z ulice 28. října k Dvojhalí. Díky blokům, propojeným pasáží, se obchodní galerie stane zastřešenou nákupní ulicí s dostatkem denního světla. Základním pojícím prvkem mezi starou a novou zástavbou je náměstí s reprezentativní výškovou administrativní budovou ve tvaru věže – budoucí dominantou Karoliny. Na

náměstí je plánováno umístění výrazného umělecké díla – sochy vytvořené místním umělcem. Součástí náměstí budou i plochy pro odpočinek a vodní prvek. Západní část území tvoří soubor kancelářských budov s plochami pro služby a obchody. Blokové schéma našlo uplatnění i zde. Soubor je umístěn podél širokého pěšího bulváru s prvky vody a zeleně a s několika charakteristickými zahradami, které spoluvytvářejí atmosféru jednotlivých kancelářských budov. Směrem na západ je spojuje pěší lávka s vlakovým nádražím Ostrava–střed a autobusovým nádražím. Směrem na východ se cestující z obou nádraží dostanou po dvou pěších mostech do centra města a k obchodní galerii.

Systém pěší, osobní a městské hromadné dopravy zohledňuje stávající dopravní vztahy i potřeby území v budoucnosti. Posíleny budou pěší tahy propojující stávající městské centrum s územím Karoliny a pomocí lávky také s vlakovým a autobusovým nádražím. Výškové uspořádání umožní bezkolizní průchod územím, kdy chodec křížuje hlavní silniční tahy mimoúrovňově. Dobudován bude vnitřní komunikační okruh kolem centra a vytvořena trolejbusová trasa obsluhující celé území Karoliny. Celkový koncept zahrnuje i dostatečné množství převážně podzemních parkovacích stání.

Stromořadí na náměstí, v ulicích a pěších zónách propojí zelené vnitrobloky se stávajícím městem. Dominantou z hlediska zeleně bude biokoridor podél řeky Ostravice, který je systémem parků, zahrad a hřišť napojen na dvojhalí. Je doplněn systémem cyklistických tras, dětských hřišť a relaxačních ploch.



Součástí zadání soutěže bylo i zpracování území za železniční vlečkou. Zde jsou navrženy samostatné celky, které nenaruší klidovou zónu zeleně a biokoridoru a vytvoří navazující část města. Ideálním řešením by bylo univerzitní městečko, umístěné na „náhorní plošině“ a v jižní části uzavřené botanickou zahradou.

Tisková informace

• zprávy

Hotel Rocco Forte



Prahu ročně navštíví miliony lidí z celého světa. Hlavní město je vyhledávané pro svou kulturní, a především historickou tradici. Pro skutečně náročné návštěvníky však nedisponuje dostatkem luxusních ubytovacích kapacit, což vedlo společnost Waldeck Capital LLC, k rozhodnutí zaměřit se právě na tento sektor. V roce 2003 spojila své síly se Sirem Rocco Forte a společně s jeho týmem špičkových profesionálů se pustili do zpracování vnitřní i vnější podoby extrémně složitěho projektu zasazeného do prostor augustiniánského kláštera na Malé Straně. Úkolem developera, společnosti SC – Master, s. r. o., která je společným podnikem Waldeck Capital LLC a vídeňské Raiffeisen evolution, bylo propojit pět samostatných budov do fungujícího luxusního hotelu, a přitom zachovat původní prvky i ducha každého objektu. Zásadní součástí projektu je citlivá úprava a rozsáhlá restaurátorská práce na budovách v areálu kláštera s přilehlým bývalým pivovarem, jakož i v sousedních historických budovách. Architektonická a historická významnost lokality se promítla také do výběru architekta, kterým je Ing. arch. Martin Kotík z architektonického ateliéru Omicron–K. Dohled nad návrhy interiéru pokojů i celého hotelu, s důrazem na osobitost vybavených prostor a absolutní komfort, má Olga Polizzi, ředitelka pro design Rocco Forte Hotels.

Nový hotel, který zatím čeká na pojmenování, vznikne v pěti budovách, zahradách a atriích, založených již v roce 1285. Prostor pro stavbu je vymezen Valdštejnskými zahradami, Feldovským domem, Valdštejnským palácem, kostelem svatého Tomáše a Letenskou ulicí. V unikátních objektech, které jsou podle historiků a statiků v kritickém stavu, vznikne 101 komfortně vybavených pokojů a apartmá. Podle návrhu budou zachovány původní historické prvky objektů, jako jsou klášterní zahrady, dřevěné stropy, vinné sklepy a kamenné klenby. Do grotty v suterénu, která bývala kdysi součástí Valdštejnské zahrady, budou zakomponovány společenské prostory, lázně a fitness. V přízemí bude velká hala s recepcí, restaurací, čajovým sálem, soukromou jídelnou a konferenční prostory, odkud bude přístupná zrekonstruovaná klášterní zahrada s původní zelení. Nadzemní podlaží budov vyhrazena pro 81 luxusních pokojů a 20 apartmá včetně prezidentského a novomanželského.

Budovy kláštera i bývalého pivovaru sv. Tomáše zůstávají nadále v majetku řádu augustiniánů, kteří prostory poskytli do pronájmu na nezveřejněnou dobu. Mniši si pro své potřeby ponechávají část prostor, jejichž rekonstrukce, smluvně financovaná developerem, v současné době probíhá. Veškeré stavební úpravy jsou předem pečlivě naplánovány ve spolupráci s týmem odborníků a průběžně konzultovány s památkáři. Poradcem projektu je historik PhDr. Jan Vojta.

Příprava objektů k rekonstrukci byla zahájena v červenci 2006, kdy společnost Skanska převzala stavební prostor, v srpnu pak započaly demoliční práce, při nichž jsou odstraňovány novodobé vestavby a přístavby. Vjezd do areálu je stávajícím vjezdem z Letenské ulice a prolukou vzniklou po demolici novodobé vestavby. Přípravuje se rovněž příjezd skrze objekt bývalého pivovaru sv. Tomáše a také ze strany

Malostranského náměstí. V polovině září byly zahájeny stavební práce a hotel by měl přivítat první návštěvníky ke konci roku 2007.

Klášteř, jehož součástí je kostel sv. Tomáše, založil český král Václav II. v roce 1285. Ke klášteru patří i bývalý pivovar, který společně s kostelem dodnes nese některé gotické prvky. V letech 1419 a 1541 byl klášter poničen velkými požáry. Ve druhé polovině šestnáctého století probíhaly na objektech opravy a přestavby v renesančním stylu a již v roce 1603 je doložena existence knihovny. Do konce 17. století vznikala další křídla a k roku 1656 je zdokumentována přestavba pivovaru. Současná barokní podoba vznikla při výrazné přestavbě, kterou v roce 1727 vedl K. I. Dienzenhofer. Po roce 1989 byl objekt navrácen řádu augustiniánů. Domov důchodců, který zde byl od počátku padesátých let, je dnes vystěhován a v objektu pobývá jen několik členů řádu. Celkový stav objektu je hodnocen jako zcela zanedbaný v důsledku opomenutí dlouhodobé základní údržby.



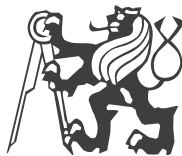
Stavební vývoj pivovaru je vázán na vývoj kláštera a hlavní doba výstavby se pojí s renesanční etapou výstavby kláštera, k roku 1560. Výstavba Valdštejnské zahrady po roce 1621 se promítla i do stavby tomášského pivovaru. Grotta byla přímou součástí krápníkové stěny Valdštejnské zahrady, přiléhající k Sala terreně Valdštejnského paláce. Později, pravděpodobně kolem poloviny 18. století, byla grotta převedena do majetku pivovaru a stala se jeho součástí. Vznik budov „U Zlatého kohouta“ a „U Panny Marie“ je datován na konec 16. století. Renesanční jádro domů je patrné ve všech podlažích. V klasicismu byly oba objekty spojeny podle plánů J. K. Zobela, což je však nyní patrné pouze na fasádách. Objekt ve své dispozici působí jednoznačně jako renesanční. Zachovaly se zde ve dvou místech malované dřevěné stropy, které se po restaurování stanou výrazným prvkem interiéru. Objekt „U Modrého klíče“ byl postaven v 16. století v renesančním stylu a na počátku 18. století prošel rozšířením a barokní rekonstrukcí. Mnohé místnosti si uchovaly renesanční a barokní stropy, ve dvou pokojích se dochovaly malované dřevěné stropy. V roce 1960 byla část objektu vzhledem ke značné zchátralosti spolu se sousedním domem odstraněna. Rekonstrukce v roce 1997 pak zajistila domu původní vnější podobu.

Tisková informace

STAVEBNÍ OBZOR

ročník 15 – 2006

OBSAH



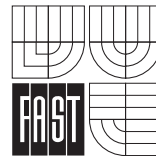
Fakulta stavební
ČVUT Praha



Česká komora
autorizovaných inženýrů
a techniků



Český svaz stavebních
inženýrů



Fakulta stavební
VUT Brno



Fakulta stavební
VŠB TU –
Ostrava

ABECEDNÍ REJSTŘÍK

I

- Behúlová, M. – Štastník, S. – Kmínová, H. – Taraba, B.:* Analýza teplot a proudění ve vytápěné místnosti, 2/54
- Bill, Z. – Žďára, V. – Kalináč, J.:* Vliv vnitřního zateplení na nosnou konstrukci památkově chráněných budov, 3/75
- Cuřín, M.:* Budování mikrosítě pro výstavbu mostu metodou GPS, 8/251
- Čáповá, D. – Janoušková, L.:* Oceňování zemních prací, 4/123
- Černý, R. – Jiříčková, M. – Rovnaníková, P.:* Vlastnosti jemnozrnného betonu po aplikaci silikátové izolace s biochemickou modifikací, 6/174
- Černý, R. – Michálek, P. – Pavlík, Z. – Tydlitát, V.:* Tepelné a vlhkostní vlastnosti hydrofilních minerálních vln, 6/183
- Černý, R. – Michálek, P. – Tydlitát, V.:* Možnosti použití hydrofilních minerálních vln při vysoušení a odsolování, 7/220
- Černý, R. – Mňahončáková, E. – Tesárek, P. – Padevět, P. – Toman, J.:* Vlastnosti cementových kompozitů vyztužených skleněnými vlákny po tepelném namáhání, 7/203
- Černý, R. – Pavlík, Z. – Jiříčková, M. – Fiala, L.:* Tepelná vodivost materiálů na bázi minerální vlny částečně nasycených vodou, 5/144
- Černý, R. – Rovnaníková, P. – Pavlík, Z.:* Stanovení difúzních a vodivostních parametrů transportu solného roztoku ve stavebních materiálech, 6/178
- Černý, R. – Rovnaníková, P. – Rovnaník, P. – Zuda, L.:* Tepelné vlastnosti kompozitního materiálu na bázi alkalické aktivované strusky s elektroporcelánem za vysokých teplot, 7/207
- Černý, R. – Rovnaníková, P. – Tesárek, P.:* Mechanické, tepelné a vlhkostní vlastnosti energosádry modifikované hydrofobizátory, 5/134
- Černý, R. – Rovnaníková, P. – Tesárek, P. – Jiříčková, M.:* Mechanické, tepelné a vlhkostní vlastnosti energosádry modifikované plastifikátory, 4/114
- Čmejla, M. – Řeřicha, P.:* Mezní únosnost zděných klenbových pasů, 2/33
- Erben, P.:* Poplatek za bankovní záruku jako součást ceny stavební zakázky, 3/84
- Fiala, L. – Černý, R. – Pavlík, Z. – Jiříčková, M.:* Tepelná vodivost materiálů na bázi minerální vlny částečně nasycených vodou, 5/144
- Ficenec, J.:* Stavebně fyzikální hledisko napadení kontaktních zateplovacích systémů řasami, 7/211
- Florian, A. – Pěňčík, J. – Ševelová, L.:* Využití výpočetních metod při simulaci experimentálních zkoušek konstrukcí po sanaci poškozených částí, 9/268
- Forstová, K. – Němeček, J.:* Využití mikroskopu atomových sil ke studiu cementových kompozitů, 4/118
- Hodas, S.:* Systém ZHIS a iteračné výpočty podprvkov kořajového zhlaví, 2/58
- Holický, M. – Jung, K.:* Hodnocení a optimalizace rizik silničních tunelů, 4/103

- Pravděpodobnostní ověřování a optimalizace trvanlivosti, 6/164
- Hromada, E. – Kadlčáková, A.:* Test kompetentnosti expertů, 4/125
- Janda, L. – Štěpánek, P.:* Návrh betonového průřezu vyztuženého nekovovou výztuží podle různých předpisů, 8/232
- Janoušková, L. – Čápová, D.:* Oceňování zemních prací, 4/123
- Jiránek, M. – Mikula, R.:* Pokrok v technologii stanovení součinitele difúze radonu v hydroizolacích, 1/113
- Jiříčková, M. – Černý, R. – Rovnaníková, P.:* Vlastnosti jemnozrnného betonu po aplikaci silikátové izolace s biochemickou modifikací, 6/174
- Jiříčková, M. – Černý, R. – Rovnaníková, P. – Tesárek, P.:* Mechanické, tepelné a vlhkostní vlastnosti energosádry modifikované plastifikátory, 4/114
- Jiříčková, M. – Fiala, L. – Černý, R. – Pavlík, Z.:* Tepelná vodivost materiálů na bázi minerální vlny částečně nasycených vodou, 5/144
- Jiříkovský, T.:* Geodetický monitoring zavěšené lávky v Radotíně, 9/281
- Jokl, M. – Kabele, K.:* Experimentální stanovení optimálních teplot v interiéru budov, 9/262
- Jung, K. – Holický, M.:* Hodnocení a optimalizace rizik silničních tunelů, 4/103
- Kadlčáková, A. – Hromada, E.:* Test kompetentnosti expertů, 4/125
- Kala, Z.:* Fuzzy neurčitost stochastických metod, 8/238
- Kalousková, M. – Šejnoha, J. – Šejnoha, M.:* Odhad časově závislé spolehlivosti a intenzity poruch zemního svahu, 6/169
- Karas, J. – Macháček, J.:* Předcházení poruchám staveb v důsledku stavební činnosti, 1/10
- Kašpar, M. – Křemen, T. – Pospíšil, J.:* Nové technologie pro řízení zemních strojů, 10/307
- Klímová, M.:* Úvodník 2006, 1/1
- Kmínová, H. – Taraba, B. – Behúlová, M. – Štastník, S.:* Analýza teplot a proudění ve vytápěné místnosti, 2/54
- Kobr, J.:* Plošné stanovení tlakových poměrů ve vodovodní síti, 8/247
- Kohoutková, A. – Stránský, M.:* Vliv smršťování na průhyb železobetonových konstrukcí, 3/70
- Konečný, I. – Lemák, D.:* Odstranění znečištění z vnějšího povrchu vysokého komína, 5/129
- Konečný, V. – Šoukalová, G. – Pechal, A.:* Hraniční most – spojení dálnic D8 a A17, 7/193
- Krejčí, A.:* Modernizace a oprava vodní elektrárny Přelouč, 4/100
- Králík, M.:* Fyzikální modelování stupňovitého a hladkého skluzu, 10/304
- Křemen, T. – Pospíšil, J. – Kašpar, M.:* Nové technologie pro řízení zemních strojů, 10/307
- Lemák, D. – Konečný, I.:* Odstranění znečištění z vnějšího povrchu vysokého komína, 5/129
- Lembák, M. – Václavík, V.:* Proces porušení betonů při dostředném namáhání v tlaku a tahu, 4/110
- Línková, L. – Suchá, J.:* Sledování svislých posunů objektu ZUŠ v Mostě, 7/21
- Macháček, Jos.:* Mezinárodní spolupráce evropských stavebních fakult, 9/257
- Macháček, J. – Karas, J.:* Předcházení poruchám staveb v důsledku stavební činnosti, 1/10
- Makovička, D. – Makovička, D. jr.:* Vliv opakovaných extrémních zatížení na ohybovou únosnost zdiva, 2/37 – Odezva konstrukce budovy a ohrožení jejích obyvatel výbuchem plynu, 7/197
- Malinovský, M.:* Interaktivní audiální metoda Paula Pimsleura, 3/88
- Mareček, J. – Studnička, J.:* Pokročilý model spřahovací lišty, 8/225
- Novák, J. – Šejnoha, M. – Šejnoha, J. – Zeman, J.:* Model nárazu soulodí do Karlova mostu při povodni, 3/65
- Michálek, P. – Pavlík, Z. – Tydlitát, V. – Černý, R.:* Tepelné a vlhkostní vlastnosti hydrofilních minerálních vln, 6/183
- Michálek, P. – Tydlitát, V. – Černý, R.:* Možnosti použití hydrofilních minerálních vln při vysoušení a odsolování, 7/220
- Mikula, R. – Jiránek, M.:* Pokrok v technologii stanovení součinitele difúze radonu v hydroizolacích, 1/113
- Mňahončáková, E. – Tesárek, P. – Padevět, P. – Toman, J. – Černý, R.:* Vlastnosti cementových kompozitů vyztužených skleněnými vlákny po tepelném namáhání, 7/203
- Němeček, J. – Forstová, K.:* Využití mikroskopu atomových sil ke studiu cementových kompozitů, 4/118
- Padevět, P. – Toman, J. – Černý, R. – Mňahončáková, E. – Tesárek, P.:* Vlastnosti cementových kompozitů vyztužených skleněnými vlákny po tepelném namáhání, 7/203
- Parák, T.:* Posouzení svislé únosnosti základové půdy metodou Monte Carlo a porovnání s výpočtem podle ČSN 73 1001, 2/50
- Pavlík, Z. – Černý, R. – Rovnaníková, P.:* Stanovení difúzních a vodivostních parametrů transportu solného roztoku ve stavebních materiálech, 6/178
- Pavlík, Z. – Jiříčková, M. – Fiala, L. – Černý, R.:* Tepelná vodivost materiálů na bázi minerální vlny částečně nasycených vodou, 5/144
- Pavlík, Z. – Tydlitát, V. – Černý, R. – Michálek, P.:* Tepelné a vlhkostní vlastnosti hydrofilních minerálních vln, 6/183
- Pechal, A. – Konečný, V. – Šoukalová, G.:* Hraniční most – spojení dálnic D8 a A17, 7/193
- Peterková, V.:* Stručný tematický slovník ekologie a životního prostředí anglicko-český,
– 1. téma, 1/29
– 2. téma, 3/92
– 3. téma, 5/156
– 4. téma, 6/191
– 5. téma, 10/311

- Pěňčík, J. – Ševelová, L. – Florian, A.: Využití výpočetních metod při simulaci experimentálních zkoušek konstrukcí po sanaci poškozených částí, 9/268
- Pirner, M.: Dynamické zatěžovací zkoušky a diagnostika betonových mostů, 1/2
– Nové poznatky o dynamice lávek, 10/294
- Ponweiser, K. – Šíkula, O.: Modelování přenosu tepla moderními výpočetními prostředky v oblasti TZB, 3/79
- Pospíšil, J. – Kašpar, M. – Křemen, T.: Nové technologie pro řízení zemních strojů, 10/307
- Pospíšil, J. – Raška, M.: Sledování svahových sesuvů pomocí geodetických měření, 9/275
- Pospíšil, J. – Štroner, M.: Moderní geodetické technologie a přístroje pro nivelaci, 1/21
– Nová laboratoř laserového skenování, 8/243
- Pražák, A.: Obchodní centrum Chodov – ocelové konstrukce, 4/97
- Raška, M. – Pospíšil, J.: Sledování svahových sesuvů pomocí geodetických měření, 9/275
- Rovnaníková, P. – Černý, R. – Jiříčková, M.: Vlastnosti jemnozrného betonu po aplikaci silikátové izolace s biochemickou modifikací, 6/174
- Rovnaníková, P. – Pavlík, Z. – Černý, R.: Stanovení difúzních a vodivostních parametrů transportu solného roztoku ve stavebních materiálech, 6/178
- Rovnaníková, P. – Rovnaník, P. – Zuda, L. – Černý, R.: Tepelné vlastnosti kompozitního materiálu na bázi alkalicky aktivované strusky s elektroporcelánem za vysokých teplot, 7/207
- Rovnaníková, P. – Tesárek, P. – Černý, R.: Mechanické, tepelné a vlhkostní vlastnosti energosádry modifikované hydrofobizátory, 5/134
- Rovnaníková, P. – Tesárek, P. – Jiříčková, M. – Černý, R.: Mechanické, tepelné a vlhkostní vlastnosti energosádry modifikované plastifikátory, 4/114
- Řeřicha, P. – Čmejla, M.: Mezní únosnost zděných klenbových pasů, 2/33
- Stránský, M. – Kohoutková, A.: Vliv smršňování na průhyb železobetonových konstrukcí, 3/70
- Studnička, J.: Evropské normy pro navrhování stavebních konstrukcí, 6/161
- Studnička, J. – Mareček, J.: Pokročilý model spřahovací lišty, 8/225
- Suchá, J. – Línková, L.: Sledování svislých posunů objektu ZUŠ v Mostě, 7/21
- Svoboda, P. – Žamberský, M.: Technologie výroby, vlastností a využití geopolymerního betonu, 5/138
- Šejnoha, M. – Kalousková, M. – Šejnoha, J.: Odhad časově závislé spolehlivosti a intenzity poruch zemního svahu, 6/169
- Šejnoha, J. – Zeman, J. – Novák, J. – Šejnoha, M.: Model nárazu soulodí do Karlova mostu při povodni, 3/65
- Ševelová, L. – Florian, A. – Pěňčík, J.: Využití výpočetních metod při simulaci experimentálních zkoušek konstrukcí po sanaci poškozených částí, 9/268
- Šíkula, O. – Ponweiser, K.: Modelování přenosu tepla moderními výpočetními prostředky v oblasti TZB, 3/79
- Šlezinger, M.: Návrh stabilizace břehů „armovanou zemní konstrukcí“, 5/153
- Šoukalová, G. – Pechal, A. – Konečný, V.: Hraniční most – spojení dálnic D8 a A17, 7/193
- Štěpánek, P. – Janda, L.: Návrh betonového průřezu vyztuženého nekovovou výztuží podle různých předpisů, 8/232
- Štroner, M.: Virtuální laserový skener, 6/183
- Štroner, M. – Pospíšil, J.: Moderní geodetické technologie a přístroje pro nivelaci, 1/21
– Nová laboratoř laserového skenování, 8/243
- Taraba, B. – Behúlová, M. – Štátník, S. – Kmínová, H.: Analýza teplot a proudění ve vytápěné místnosti, 2/54
- Tesárek, P. – Černý, R. – Rovnaníková, P.: Mechanické, tepelné a vlhkostní vlastnosti energosádry modifikované hydrofobizátory, 5/134
- Tesárek, P. – Jiříčková, M. – Černý, R. – Rovnaníková, P.: Mechanické, tepelné a vlhkostní vlastnosti energosádry modifikované plastifikátory, 4/114
- Tesárek, P. – Padevět, P. – Toman, J. – Černý, R. – Mňahončáková, E.: Vlastnosti cementových kompozitů vyztužených skleněnými vlákny po tepelném namáhání, 7/203
- Toman, J. – Černý, R. – Mňahončáková, E. – Tesárek, P. – Padevět, P.: Vlastnosti cementových kompozitů vyztužených skleněnými vlákny po tepelném namáhání, 7/203
- Tydlitát, V. – Černý, R. – Michálek, P.: Možnosti použití hydrofilních minerálních vln při vysoušení a odsolování, 7/220
- Tydlitát, V. – Černý, R. – Michálek, P. – Pavlík, Z.: Tepelné a vlhkostní vlastnosti hydrofilních minerálních vln, 6/183
- Vácha, J.: Ocelová konstrukce zastřešení stanice metra Střížkov, 10/290
- Wasserbauer, R.: Řasy na stavebních objektech, 5/149
- Zahradník, P.: Tepelně technický pohled na jednoplášťové pojízdné střechy, 8/244
- Zeman, J. – Novák, J. – Šejnoha, M. – Šejnoha, J.: Model nárazu soulodí do Karlova mostu při povodni, 3/65
- Zuda, L. – Černý, R. – Rovnaníková, P. – Bayer, P.: Vliv vysokých teplot na vlastnosti kompozitních materiálů se struskovým pojivem – I. část, 1/17
- Zuda, L. – Černý, R. – Rovnaníková, P. – Rovnaník, P.: Tepelné vlastnosti kompozitního materiálu na bázi alkalicky aktivované strusky s elektroporcelánem za vysokých teplot, 7/207
- Zuda, L. – Drchalová, J. – Černý, R. – Rovnaníková, P. – Bayer, P.: Vliv vysokých teplot na vlastnosti kompozitních materiálů se struskovým pojivem – II. část, 2/44
- Žamberský, M. – Svoboda, P.: Technologie výroby, vlastností a využití geopolymerního betonu, 5/138

■ fyzika

Modelování přenosu tepla moderními výpočetními prostředky v oblasti TZB (Šikula, O. – Ponweiser, K.), 3/79

■ technologie staveb

Vliv vysokých teplot na vlastnosti kompozitních materiálů se struskovým pojivem – I. část (Zuda, L. – Černý, R. – Rovnaníková, P. – Bayer, P.), 1/17

Vliv vysokých teplot na vlastnosti kompozitních materiálů se struskovým pojivem – II. část (Zuda, L. – Drchalová, J. – Černý, R. – Rovnaníková, P. – Bayer, P.), 2/44

Oceňování zemních prací (Janoušková, L. – Čáповá, D.), 4/123

Nové technologie pro řízení zemních strojů (Křemen, T. – Pospíšil, J. – Kašpar, M.), 10/307

■ stavební hmoty

Mechanické, tepelné a vlhkostní vlastnosti energosádry modifikované plastifikátory (Tesárek, P. – Jiříčková, M. – Černý, R. – Rovnaníková, P.), 4/114

Využití mikroskopu atomových sil ke studiu cementových kompozitů (Forstová, K. – Němeček, J.), 4/118

Mechanické, tepelné a vlhkostní vlastnosti energosádry modifikované hydrofobizátory (Tesárek, P. – Černý, R. – Rovnaníková, P.), 5/134

Technologie výroby, vlastnosti a využití geopolymerního betonu (Žamberský, M. – Svoboda, P.), 5/138

Tepelná vodivost materiálů na bázi minerální vlny částečně nasycených vodou (Pavlík, Z. – Jiříčková, M. – Fiala, L. – Černý, R.), 5/144

Vlastnosti jemnozrnného betonu po aplikaci silikátové izolace s biochemickou modifikací (Jiříčková, M. – Rovnaníková, P. – Černý, R.), 6/174

Stanovení difúzních a vodivostních parametrů transportu solného roztoku ve stavebních materiálech (Pavlík, Z. – Rovnaníková, P. – Černý, R.), 6/178

Vlastnosti cementových kompozitů vyztužených skleněnými vlákny po tepelném namáhání (Mňahončáková, E. – Tesárek, P. – Padevět, P. – Toman, J. – Černý, R.), 7/203

Tepelné vlastnosti kompozitního materiálu na bázi alkalicky aktivované strusky s elektroporcelánem za vysokých teplot (Zuda, L. – Černý, R. – Rovnaníková, P. – Rovnaník, P.), 7/207

■ konstrukce pozemních staveb

Předcházení poruchám staveb v důsledku stavební činnosti (Karas, J. – Macháček, J.), 1/1

Pokrok v technologii stanovení součinitele difúze radonu v hydroizolacích (Mikula, R. – Jiránek, M.), 1/13

Vliv vnitřního zateplení na nosnou konstrukci památkově chráněných budov (Bill, Z. – Žďára, V. – Kalináč, J.), 3/75

Řasy na stavebních objektech (Wasserbauer, R.), 5/149

Stavebně fyzikální hledisko napadení kontaktních zateplovacích systémů řasami (Ficenc, J.), 7/211

Možnosti použití hydrofilních minerálních vln při vysoušení a odsolování (Michálek, P. – Tydlitát, V. – Černý, R.), 7/220

Tepelně technický pohled na jednoplášťové pojízdné střechy (Zahradník, P.), 8/244

■ technická zařízení budov

Analýza teplot a proudění ve vytápěné místnosti (Taraba, B. – Behúlová, M. – Štastník, S. – Kmínová, H.), 2/54

Experimentální stanovení optimálních teplot v interiéru budov (Jokl, M. – Kabele, K.), 9/262

■ ekonomika a řízení ve stavebnictví

Poplatek za bankovní záruku jako součást ceny stavební zakázky (Erben, P.), 3/84

Test kompetentnosti expertů (Hromada, E. – Kadlčáková, A.), 4/125

■ inženýrská informatika

Stručný tematický slovník ekologie a životního prostředí anglicko-český (Peterková, V.)

– 1. téma, 1/29

– 2. téma, 3/92

– 3. téma, 5/156

– 4. téma, 6/191

– 5. téma, 10/311

Mezinárodní spolupráce evropských stavebních fakult (Macháček, Jos.), 8/257

■ stavební mechanika

Model nárazu soulodí do Karlova mostu při povodni (Šejnoha, J. – Zeman, J. – Novák, J. – Šejnoha, M.), 3/65

Pravděpodobnostní ověřování a optimalizace trvanlivosti (Holický, M.), 6/164

Odezva konstrukce budovy a ohrožení jejích obyvatel výbuchem plynu (Makovička, D. – Makovička, D.), 7/197

Fuzzy neurčitost stochastických metod (Kala, Z.), 8/238

Využití výpočetních metod při simulaci experimentálních zkoušek konstrukcí po sanaci poškozených částí (Florjan, A. – Pěncík, J. – Ševelová, L.), 9/268

Nové poznatky o dynamice lávek (Pirner, M.), 10/294

■ betonové konstrukce a mosty

Dynamické zatěžovací zkoušky a diagnostika betonových mostů (Pirner, M.), 1/2

Mezní únosnost zděných klenbových pasů (Řeřicha, P. – Čmejla, M.), 2/33

Vliv opakovaných extrémních zatížení na ohybovou únosnost zdiva (Makovička, D. – Makovička, D.), 2/37

Vliv smršťování na průhyb železobetonových konstrukcí (Stránský, M. – Kohoutková, A.), 3/70

Proces porušení betonů při dostředném namáhání v tlaku a tahu (Lembák, M. – Václavík, V.), 4/110

Návrh betonového průřezu vyztuženého nekovovou výztuží podle různých předpisů (Janda, L. – Štěpánek, P.), 8/232

■ ocelové konstrukce

Obchodní centrum Chodov – ocelové konstrukce (Pražák, A.), 4/97

Odstranění znečištění z vnějšího povrchu vysokého komína (Lemák, D. – Konečný, I.), 5/129

Evropské normy pro navrhování stavebních konstrukcí (*Studnička, J.*), 6/161

Hraniční most – spojení dálnic D8 a A17 (*Šoukalová, G. – Pechal, A. – Konečný, V.*), 7/193

Pokročilý model spráhovací lišty (*Mareček, J. – Studnička, J.*), 8/225

Ocelová konstrukce zastřešení stanice metra Střížkov (*Vácha, J.*), 10/290

■ geotechnika

Posouzení svislé únosnosti základové půdy metodou Monte Carlo a porovnání s výpočtem podle ČSN 73 1001 (*Parák, T.*), 2/50

Hodnocení a optimalizace rizik silničních tunelů (*Holický, M. – Jung, K.*), 4/103

Odhad časově závislé spolehlivosti a intenzity poruch zemního svahu (*Šejnoha, M. – Kalousková, M. – Šejnoha, J.*), 6/169

■ železniční stavby

Systém ZHIS a iteračné výpočty podprvků kořajového zhlavia (*Hodas, S.*), 2/58

■ hydrotechnika

Modernizace a oprava vodní elektrárny Přelouč (*Krejčí, A.*), 4/100

Fyzikální modelování stupňovitého a hladkého skluzu (*Králík, M.*), 10/304

■ hydromeliorace a krajinné inženýrství

Návrh stabilizace břehů „armovanou zemní konstrukcí“ (*Šlezinger, M.*), 5/153

■ zdravotní inženýrství

Plošné stanovení tlakových poměrů ve vodovodní síti (*Kobr, J.*), 8/247

■ geodezie a pozemkové úpravy

Moderní geodetické technologie a přístroje pro nivelaci (*Pospíšil, J. – Štroner, M.*), 1/21

Virtuální laserový skener (*Štroner, M.*), 6/183

Sledování svislých posunů objektu ZUŠ v Mostě (*Suchá, J. – Línková, L.*), 7/21

Budování mikrosítě pro výstavbu mostu metodou GPS (*Cuřín, M.*), 8/251

Sledování svahových sesuvů pomocí geodetických měření (*Pospíšil, J. – Raška, M.*), 9/275

Geodetický monitoring zavěšené lávky v Radotíně (*Jiřikovský, T.*), 9/281

■ software

Interaktivní audiální metoda Paula Pimsleura (*Malinovský, M.*), 3/88

■ ČVUT

Mince pro českou techniku (–r–), 4/127

Čestný doktorát pro Soichiro Toyodu (–r–), 6/186

■ dizertace

1/9, 1/26, 2/64, 4/113, 5/155, 7/206, 9/286, 10/310

■ Fakulta stavební ČVUT

Nová laboratoř laserového skenování (*Pospíšil, J. – Štroner, M.*), 8/243

■ konference

Spolehlivost konstrukcí, 1/27, 3/76

Zachráněné kulturní dědictví, 3/95, 5/143,

AED 2006, 4/127

Vodní dílo v krajině (–r–), 5/155

Těžba a životní prostředí ve střední Evropě (–r–), 5/159

Racionální využití průmyslových odpadů ve stavebnictví, 6/182, 7/196

Radonový program ČR, 7/219

Betonářské dny (–r–), 9/285

■ osobní zprávy

Za profesorem Františkem Čihákem (*Satrapa, L. – Broža, V.*), 8/231

Vzpomínka na prof. Ing. A. Schindlera, DrSc. (*Rotter, T.*), 9/286

■ pokyny pro autory 1/31

■ recenze

Brindle, S.: Brunel – the man who built the world (*Studnička, J.*), 3/96

Lehmann, Ch. – Maurer, B.: Karl Culmann und die graphische Statik – Zeichnen, die Sprache des Ingenieurs (Karl Culmann a grafická statika – kreslení, řeč inženýra) (*Frýba, L.*), 9/284

Timoshenko, S. P.: Erringerungen – Eine Autobiographie (Vzpomínky – autobiografie) (*Frýba, L.*), 9/284

■ rekonstrukce

Národní technické muzeum získá původní podobu (–r–), 5/159

■ semináře

Národní stavební centrum (–r–), 9/274

■ soutěže

Soutěž o cenu ČSVTS (–r–), 2/36

Zlatý Permon (–r–), 5/148

■ software

Vývoj informačních technologií ve stavebnictví (-r-), 2/63
 Archi-Students (-r-), 3/91
 ArchiCAD 10 (-r-), 8/255

■ technologie

Rok zateplení (-r-), 5/148
 Přehleď výroba stavebních hmot v ČR? (-r-), 5/158

■ veletrhy

Coneco, 3/87
 Intermat, 3/91, 4/124
 IFH Intherm, 3/96
 vienna-tec, 4/109, 7/219
 Doprovodný program Stavebních veletrhů Brno, 4/128
 bauma 2007, 6/163
 glasstec 2006, 6/168
 Aquatherm 2006 (-r-), 8/254
 BAU 2007 (-r-), 9/287

■ VUT Brno

Nový studijní obor iniciují stavební firmy (-r-), 2/49

■ výročí

Prof. Ing. Jiří Witzany – 65 let (*Brabec, V. – Kulháněk, F.*), 3/94

■ zprávy

Nanotechnologie čistí domácnost (-r-), 2/62
 Logistické parky Northpoint a Southpoint (-r-), 2/63
 Obchodní centrum Šestka (-r-), 2/64
 Nový terminál ruzyňského letiště (-r-), 3/87
 Prague Marina (-r-), 4/109

Residence Klimentka (-r-), 4/113
 Riverside Hotel (-r-), 4/117
 HILTI přichází s doživotní zárukou (-r-), 4/122
 Hilton postaví nové konferenční centrum (-r-), 5/133
 Demolice Stříšek (-r-), 5/152
 Začala výstavba Modré etapy kampusu Masarykovy univerzity (-r-), 5/158
 Residence Anděl City (-r-), 5/160
 Novodvorská Plaza (-r-), 5/160
 Nosníky pro Nové ústředí ČSOB (-r-), 6/163
 V Dejvicích vznikne nový administrativní objekt (-r-), 6/168
 Administrativně technické centrum ČS. spořitelny (-r-), 6/182
 Most celý ze skla povede nad Grand Canyonem (-r-), 6/192
 Nový železniční most pod pražským Vítkovem (-r-), 7/216
 Stavba repliky středověkého jeřábu (-r-), 7/224
 Luxembourg Plaza (-r-), 8/254
 Archeologický výzkum končí, stavba krajského centra běží naplno (-r-), 2/256
 Gemini obohatí panorama Prahy (-r-), 8/3. s. ob.
 Diamond Point (-r-), 9/280
 V evropských budovách se promrhá 270 mld. euro za rok (-r-), 9/280
 Amazon Court (-r-), 9/285
 Nový zdroj informací – www.stavbaserver.cz (-r-), 9/286
 Nové pavilony Jedličkova ústavu (-r-), 9/288
 Rekonstrukce Rock Café (-r-), 9/288
 ECC a Passerinvest představily svou vizi Karoliny (-r-), 10/313
 Hotel Rocco Forte (-r-), 10/314

Fakulta stavební ČVUT v Praze

Profesní komora požární ochrany® a Generální ředitelství hasičského záchranného sboru Ministerstva vnitra pořádají v rámci projektu strukturálních fondů JPD3

semináře

Celoživotní vzdělávání v požární ochraně

20. – 22. února 2006

- 20. února – **Navrhování konstrukcí na účinky požáru podle evropských norem**
 Statické výpočty za požární situace
- 21. února – **Zajištění požární bezpečnosti staveb v souladu s evropskými normami**
 Nové poznatky v problematice požární ochrany obecně
- 22. února – **Kontroly požárně bezpečnostních zařízení**
 Požární ochrana v praxi

Semináře jsou zařazeny do systému celoživotního vzdělávání ČKAIT. Absolvování jednoho semináře je navrženo na ocenění bodovou hodnotou 1. Pro každý seminář jsou připraveny textové pomůcky v rozsahu 100 stran. Podrobné informace a přihlášku na seminář lze nalézt na internetové adrese:

www.ocel-drevo.fsv.cvut.cz