

## JUNIORSTAV 2009 - 11. ODBORNÁ KONFERENCE DOKTORSKÉHO STUDIA

Dne 4. února 2009 proběhl na Stavební fakultě VUT v Brně již 11. ročník konference s mezinárodní účastí Juniorstav 2009. Záštitu převzali Prof. Petr Štěpánek, děkan fakulty, a Prof. Rostislav Drochytka, vedoucí Ústavu technologie stavebních hmot a dílců. Organizaci zajistili studenti doktorského studia oboru Fyzikální a stavebně materiálové inženýrství.

Jednou z nejvýznamnějších součástí tvůrčí činnosti je odborná činnost na projektech v odborných týmech a z toho vyplývající publikační aktivita. Hlavním cílem konference je umožnit mladým a perspektivním vědeckým pracovníkům prezentaci výsledků jejich práce: naučit se prezentovat své názory a výsledky, a v neposlední řadě získat i nová přátelství a odborné kontakty. Diskuze v odborných sekcích nepochybně přispěje k získání nových poznatků, které bude možné konkrétně využít při vypracování disertačních prací i v rámci zapojení studentů doktorského studia v grantových projektech národního a mezinárodního významu. Samostatnou tvůrčí činnost studentů naší fakulty, zahrnující zejména výzkumnou a vývojovou činnost, považujeme za zásadní oblast vědecké výchovy ... z úvodního slova děkana Stavební fakulty Prof. Petra Štěpánka.

Na závěr konference byly v každé sekci vybrány tři nejlepší příspěvky. Ty z nich, které se týkají betonu, v krátkosti představujeme.

### SANACE VNĚJŠÍ ŽELEZOBETONOVÉ VRSTVY PANELU DODATEČNÝM PŘIKOTVENÍM

#### 3. nejlepší článek v sekci Konstrukce pozemních staveb

V poslední době se běžně setkáváme s regenerací bytových domů postavených panelovou technologií, jejímž účelem je prodloužení životnosti panelových konstrukcí a odstranění doposud se vyskytujících vad a poruch. Příspěvek pojednává o dodatečném přikotvení vnější železobetonové vrstvy panelu k její vnitřní železobetonové vrstvě u stavební soustavy P 1.11 z důvodu zajištění dostatečného spřažení obou vrstev a prodloužení celkové životnosti obvodových stěn panelového domu. Dodatečné přikotvení zvyšuje celkové náklady na regeneraci panelového domu, ale v případě degradace spojovacích prvků (např. vlivem kondenzace vodní páry, netěsnosti spár mezi panely, chyb při výrobě panelů) by finanční náklady na opravu vycházely několikanásobně vyšší.

V druhé části se příspěvek zabývá tepelně-technickým posouzením obvodového sendvičového panelu z hlediska kondenzace vodních par. Zateplením obvodového pláště tepelným izolantem o požadované tloušťce dochází k vyloučení kondenzace vodní páry uvnitř panelu a odstranění případně se vyskytujících netěsností spár mezi panely. Současně jsou proti degradaci dostatečně chráněny i spojovací prvky, ať už stávající či dodatečné.

Ing. Marek Jašek  
e-mail: marek.jasek@vsb.cz

Ing. Pavel Oravec  
e-mail: pavel.oravec@vsb.cz

oba: VŠB-TU Ostrava, Fakulta stavební  
Katedra pozemního stavitelství  
Recenzent a školitel: Doc. Jaroslav Solař, PhD.

### SAMOKOTVENÉ VISUTÉ KONSTRUKCE

#### Nejlepší článek v sekci Konstrukce betonové a zděné

Úkolem předložené studie je vyzkoušet a ověřit efekt tzv. samokotvení na reálných visutých konstrukcích. Pro řešení byla použita lávka přes řeku Váh v Trenčíně na Slovensku. Lávku celkové délky 390 m tvoří visutá konstrukce o třech polích s rozpětím hlavního pole 138 m a navazujícími rampami o délce 24 m, sestavená z prefabrikovaných segmentů tloušťky 0,54 m.

Chování konstrukce bylo sledováno na zjednodušených prutových modelech v programu ANSYS (obr. 1). Nejdříve byly ověřeny základní vlastnosti na výpočtovém modelu s rovnou mostovkou. Podstatnou část práce přitom tvořilo hledání výslednicového tvaru a ujednocení postupu výstavby. Model s rovnou mostovkou byl dále geometricky zpřesněn o parabolické zakřivení mostovky. Závěrem byly testovány modely se zakřivenou mostovkou doplněné o proměnné průřezy. Veškeré varianty výpočetních modelů byly dále děleny na případy s předpětím a bez předpětí a na případy samokotvené a klasické visuté.

Výpočtové modely dokázaly, že samokotvenou konstrukci lze navrhnout pouze s předpětím mostovky. Při využití korytkových průřezů lze vhodným natrasováním kabelů ovlivnit napětí v dolních i horních vláknech. Další variantou je využít zábradlí jako součást nosné konstrukce a vytvořit tak spřaženou konstrukci, např. betonový průřez s malou výškou doplnit o ocelovou konstrukci zábradlí.

Ze závěrů této studie je patrné, že samokotvené konstrukce mají reálné využití, a proto má smysl pokračovat v jejich dalším studiu.

Ing. Jan Koláček

VUT v Brně, Fakulta stavební

Ústav betonových a zděných konstrukcí

e-mail: kolacek.j@fce.vutbr.cz

Recenzent a školitel: Ing. Radim Nečas, PhD.



## EXPERIMENTÁLNÁ ANALÝZA VOPRED PREDPÄTÝCH NOSNÍKOV VYROBENÝCH Z VYSOKOHODNOTNÉHO BETÓNU

**2. nejlepší článek v kategorii Konstrukce betonové a zděné**  
Použitie prefabrikovaných nosníkov pri výstavbe mostných konštrukcií má v súčasnej dobe stúpajúcu tendenciu, hlavne z dôvodu urýchlenia doby výstavby, ale aj s ohľadom na zvyšovanie životnosti a trvanlivosti betónových mostných konštrukcií. Experimentálna analýza prezentovaná v tomto článku bola vykonaná v rámci výskumného programu zameraného na overenie vhodnosti použitia nosníkov z VHB pri výstavbe prefabrikovaných mostných konštrukcií.

Pre experimentálne testovanie bol navrhnutý zmenšený model mostných nosníkov s využitím základných poznatkov o VHB. Experimentálna analýza je rozdelená do dvoch častí. Prvá časť sa zaoberá základnými mechanickými vlastnosťami VHB a obyčajných betónov (OB). V laboratórnych podmienkach sa monitorovali mechanické vlastnosti betónov v rôznom čase. Namerané hodnoty boli porovnané s normovými hodnotami odpovedajúcimi pre použité triedy betónov. Druhá časť analýzy sa zaoberá realizáciou a vyhodnotením statickej zaťažovacej skúšky predpätých nosníkov. Nosníky dĺžky 5 m vyrobené z VHB a OB betónu boli podrobené skúške trojbodovým ohybom (obr. 2). Pre numerickú analýzu skúšaných nosníkov bol použitý výpočtový program ATENA 2D.

Namerané hodnoty kockovej pevnosti betónu v tlaku potvrdzujú, že navrhnuté triedy betónov spĺňajú normou stanovené požiadavky na tieto triedy. Ale samotná dosiahnutá pevnosť betónov ešte nie je zárukou kvalitnej výroby VHB nosníkov. Dôležité sú aj pretvárne vlastnosti týchto betónov.

Pevnosť vysokohodnotných betónov v tlaku narastá v prvých dňoch rýchlejšie oproti obyčajným betónom, čo umožňuje urýchliť dobu predpinania nosníkov a tým skrátiť čas výroby jedného prefabrikovaného nosníka.

Skúšané nosníky spĺňajú normové kritéria, ani po prekročení medze únosnosti nedošlo ku kolapsu nosníkov. Vzhľadom na medzný stav používateľnosti, vznik trhlín korešponduje s vypočítanými hodnotami. Priebeh a šírenie trhlín počas experimentu zodpovedá numerickému modelu v ATENA 2D.

V súčasnosti sa pracuje na vyhodnení deformačných vlastností nosníka.

Ing. Petra Bujňáková  
Žilinská univerzita, Stavebná fakulta  
Katedra stavebných konštrukcií a mostov  
e-mail: petra.bujnakova@fstav.uniza.sk  
Recenzent a školiteľ: Ing. Peter Koteš, PhD.



3

## VZOPÄTIA PREFABRIKOVANÝCH MOSTNÝCH NOSNÍKOV S HYBRIDNÝM PREDPÄTÍM

### 3. nejlepší článek v kategorii Konstrukce betonové a zděné

Článok sa zaoberá výskumom príčin rozdielov medzi teoretickými a skutočnými vzopätiami tyčových prefabrikátov s kombinovaným predpätím, ktoré je tvorené vopred predpinanými lanami s transferom predpätia 18 h po betonáži a dodatočne predpätými káblami napínanými najskôr mesiac po betonáži. Viacpoľové spojitý mosty vyrobené z tyčových prefabrikátov so spriahnutou mostovkovou doskou a železobetónovými nadpodperovými priečnikmi patria k najpoužívanejším spôsobom výstavby dlhých cestných estakád na Slovensku.

Rozdiely medzi projektovanými a skutočnými vzopätiami predpätých nosníkov sú veľmi časté a ešte častejšie sú rozdiely vzopätí medzi jednotlivými vyrobenými nosníkmi. Príčiny možno rozdeliť do dvoch veľkých oblastí. Prvé sú statické a obyčajne sú spojené s veľkosťou vnesenej predpinacej sily do prvku. Druhé možno nazvať technologické a súvisia s dosiahnutými vlastnosťami betónov. Napr. nízke moduly pružnosti môžu byť príčinou nadmerných vzopätí a naopak vysoké moduly pružnosti môžu viesť k menším vzopätiam v porovnaní s teoretickými hodnotami. V prípade nosníkov DPS VP 104, ktoré patria k najčastejšie používaným prefabrikovaným nosníkom, sa na betonáž používajú vysokohodnotné betóny C55/67 a dlhodobo priemerná hodnota modulu pružnosti 28dňového betónu sa pohybuje v rozmedzí 42 až 50 GPa, kým normová hodnota podľa EC2 je len 38 GPa. Väčšinou sú však obe oblasti vzájomne previazané, napr. horšie reologické vlastnosti betónov (väčšie zmršťovanie alebo dotvarovanie) sa prejavujú väčšími stratami predpätia, väčším poklesom predpinacej sily a takto samozrejme menšími vzopätiami.

Vykonaný monitoring ukázal, že problémy so vzopätiami nosníkov DPS VP 104 sú spojené najmä s technologickými aspektmi výroby. Spôsob zhutňovania čerstvého betónu nosníkov vo forme sa vykonáva veľmi intenzívnou vibráciou, ktorá vedie ku nehomogénosti betónov po výške prierezu nosníka. Najhutnejší betón s najmenším zmršťovaním sa koncentruje v spodnej prírube a naopak horné vrstvy sú viacej zavodnené a obsahujú menej hrubých frakcií kameniva. Nerovnomerné zmršťovanie sa takto stáva asi najvýznamnejším faktorom menších vzopätí nosníkov v porovnaní s teoretickými hodnotami. Ak si uvedomíme, že teoretické vzopätia od prvej fázy predpätia sú na úrovni len +7 mm zatiaľ čo namerané krivosti u nezaťažených segmentov v zimnom období zodpovedali priehybu 9 až 11 mm, nebude prekvapujúci ani veľký rozptyl nameraných vzopätí u jednotlivých monitorovaných nosníkov v tomto štádiu výroby.

Zistené krivosti na segmentoch a tomu zodpovedajúce priehyby veľmi dobre korešpondovali aj s priemernou hodnotou nameraných vzopätí nosníkov na stavbe cca +24 mm, čo je o 11 mm menej ako teoretická hodnota +35 mm stanovená na základe skutočných časových údajov pre nosníky použité na stavbe.

Ing. Andrej Pritula  
STU v Bratislave, Stavebná fakulta, Katedra betónových konštrukcií a mostov  
e-mail: andrej.pritula@stuba.sk  
Recenzent a školiteľ: Ing. Viktor Borzovič, PhD.

Obr. 1 Model konštrukce v programu ANSYS

Obr. 2 Pohľad na skúšobnú zostavu

Obr. 3 Zaťažovacia skúška nosníka

### OPTIMALIZACE NÁVRHU OCELOBETONOVÝCH SLOUPŮ Z MATERIÁLŮ VYŠŠÍCH PEVNOSTÍ

#### 3. nejlepší článek v kategorii Konstrukce kovové, dřevěné a kompozitní

Dnešní trend navrhování nosných konstrukcí je zaměřen především na hospodárnost a optimalizaci návrhu konstrukce. U reálných tlačných prutů se nevyhneme imperfecím a právě u těchto konstrukcí vede užití kombinace oceli a betonu vyšších jakostí ke zvýšení vzpěrné pevnosti a únosnosti prutu. Další z aspektů, který zvyšuje efektivitu návrhu, je především snížení hmotnosti konstrukce a vzájemné spolupůsobení betonu a oceli před negativními vlivy, které snižují únosnost a použitelnost konstrukce, např. koroze oceli nebo vliv požáru.

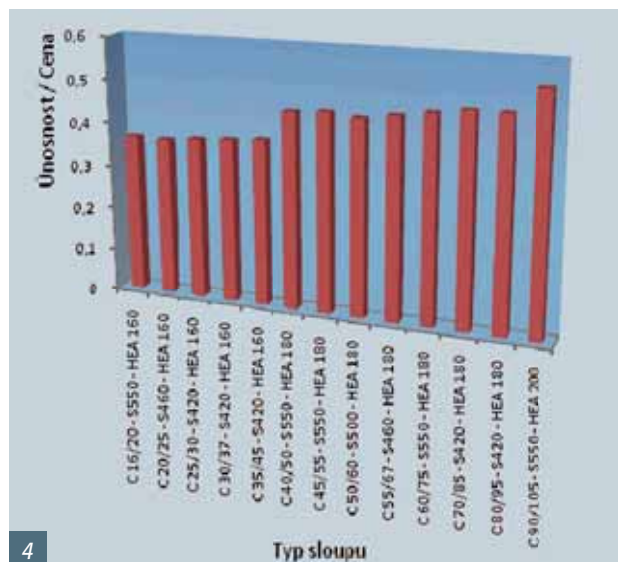
U těchto typů konstrukcí má rozhodující roli štíhlost, která redukuje vzpěrnou únosnost dle ČSN EN 1993, a velikost kritické síly. Proto je třeba optimalizovat návrh konstrukce vzhledem k plnému využití vlastností materiálů vyšších pevností. Rozhodujícím faktorem v návrhu těchto konstrukcí je také cena materiálů, která se zvyšuje úměrně s rostoucí jakostí (obr. 4). Zásady pro optimalizaci návrhu je nutné formulovat nejen z hlediska ceny, ale i z hlediska environmentálních aspektů konstrukce (svázané emise CO<sub>2</sub> a SO<sub>x</sub>, svázaná spotřeba energie). Koncepce výroby nových stavebních konstrukcí, ocelobetonových sloupů z materiálů vyšších pevností, koresponduje s požadavky udržitelné výstavby, jež jsou založeny na redukcí čerpání primárních neobnovitelných surovin.

Konstrukční prvky je třeba navrhovat tak, aby byla snížena spotřeba materiálů a dosažena maximální využitelnost za minimální výsledné ceny konstrukce. Avšak takto navržený prvek musí splňovat všechny podmínky spolehlivosti z hlediska únosnosti a použitelnosti. Užití materiálů vyšší pevnosti v tlačných prutech vede ke snížení hmotnosti konstrukce při zachování předepsaných kritérií a užitných vlastností, zvyšuje se efektivita návrhu a cena konstrukce jako celku je nepoměrně menší. Primární spotřeba surovin a užití částečně recyklovaných materiálů snižuje dopad na životní prostředí a uspokojuje požadavky trvale udržitelného rozvoje.

Ing. Václav Röder

VUT v Brně, Fakulta stavební, Ústav kovových a dřevěných konstrukcí  
e-mail: roder.v@fce.vutbr.cz

Recenzent a školitel: Doc. Ing. Marcela Karmazínová, CSc.



4

### ZÁVISLOST MODULU PRUŽNOSTI NA PEVNOSTI BETONU V TLAKU

#### 2. nejlepší článek v kategorii Stavební zkušebnictví

Fyzikálně mechanické vlastnosti betonu a jiných stavebních materiálů jsou jedny z nejlépe sledovaných charakteristik. Podobně jako v minulém století je i dnes přední vlastností betonu jeho pevnost v tlaku. Zavedením normy ČSN EN 206-1 (rok vydání 2001) se do popředí dostaly i trvanlivostní vlastnosti a zpracovatelnost. Tyto charakteristiky hrají také velice důležitou úlohu. Tak trochu v ústraní však stále zůstávají přetvárné vlastnosti betonu, které jsou neméně důležité. Mezi ně patří především statický modul pružnosti v tlaku, který však ve zmiňované normě týkající se specifikací, vlastností a výroby betonu, není vůbec uvažován. Tento příspěvek je věnován porovnání směrných hodnot modulu pružnosti uvedených v normě ČSN EN 1992-1-1 a skutečných naměřených dat.

Celý text článku byl uveřejněn v *Beton TKS 2/2009* s názvem *Modul pružnosti vs. pevnost v tlaku*, str. 58 (pozn. redakce).

Ing. Petr Misák

e-mail: misak.p@fce.vutbr.cz

Ing. Tomáš Vymazal, PhD.

e-mail: vymazal.t@fce.vutbr.cz

oba: VUT v Brně, Fakulta Stavební

Ústav stavebního zkušebnictví

Recenzent a školitel: Ing. Barbara Kucharczykova, PhD.

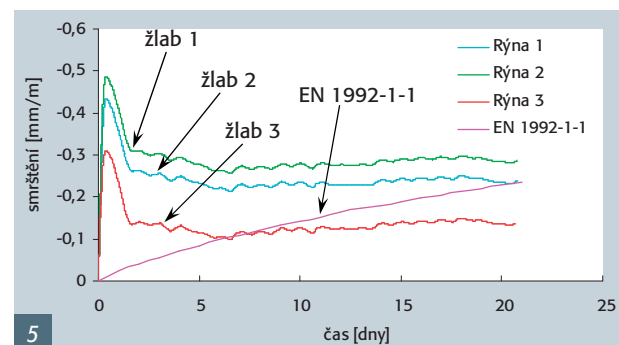
### SMRŠŤOVÁNÍ A VZNIK SMRŠŤOVACÍCH TRHLIN LEHKÉHO BETONU V ZÁVISLOSTI NA ULOŽENÍ

#### 3. nejlepší článek v kategorii Stavební zkušebnictví

V současné době je budována řada konstrukcí z lehkého betonu. Nejčastěji se používá při rekonstrukcích, ale najde uplatnění i v mostním stavitelství (např. přemostění Vltavy v Českých Budějovicích). Betonové konstrukce obecně jsou náchylné na objemové změny a jejich životnost závisí také na jejich trvanlivosti, tj. schopnosti odolávat agresivním vlivům prostředí.

Nejčastější příčinou poruch bývá nedostatečná nepropustnost konstrukcí. Proto je důležité prozkoumat vrstvu betonu, která chrání výztuž před agresivitou prostředí, tzv. krytí, jež zabraňuje pronikání agresivních látek k výztuži, a tím ji chrání před korozi. Vlivem plastického a autogenního smršťování vznikají v krycí vrstvě mikrotrhliny. Jsou to místa oslabení konstrukce, ve kterých při působení zatížení mohou vzniknout viditelné trhliny. Hlavní příčinou smršťování je odpařování volné vody z porů cementového tmelu.

Experimentální práce byly zaměřeny na stanovení objemu-



5

vých změn a sledování vniku a rozvoje trhlin v období tuhnutí a tvrdnutí lehkého betonu. Hlavním cílem experimentů bylo získání kontinuálního záznamu podélných deformací způsobených objemovými změnami betonu a jeho porovnání s teoretickou křivkou určenou dle normy EN 1992-1-1 [1] (obr. 5).

V rámci experimentů byla vyrobená zkušební tělesa pro stanovení kontrolní pevnosti v tlaku ve stáří 28 dní (krychle o hraně 150 mm) a hodnoty modulu pružnosti (hranoly 100 x 100 x 400 mm). Pro kontinuální záznam průběhu smršťování byla čerstvá směs uložena do měřicích žlabů o délce 1 000 mm a příčném průřezu 100 x 60 mm, jejichž čela byla na obou koncích opatřena kotvou v ose žlabu, jednalo se tedy o částečně zadržené smršťování. Vnitřek žlabů byl vyložen neopreónovou fólií, která slouží k eliminaci tření betonu o stěny formy.

Vzhledem k tomu, že vlivem nedostatečného či nevhodného způsobu ošetřování konstrukcí z lehkého betonu nastává poměrně vysoké riziko vzniku smršťovacích trhlin, byly zahájeny experimenty zaměřené na sledování vlivu způsobu ošetřování zrajícího betonu na vznik a rozvoj trhlin na povrchu vyrobeného prvku. Pro účely měření byl čerstvý beton uložen do tří forem trojúhelníkového průřezu rozměrů 50 x 50 x 75 mm, délka formy činila 1 000 mm. Vnitřní povrch forem byl před plněním opatřen tenkým povlakem odbedňovacího přípravku. Na čelech forem nebyly žádné kotvy. V tomto případě se jednalo o nezadržené smršťování.

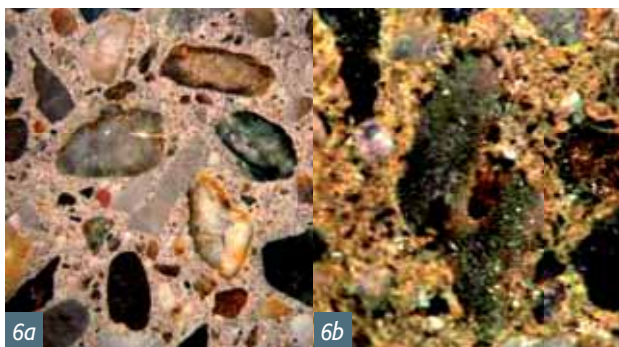
Smršťování a vznik smršťovacích trhlin jsou jevy závislé na způsobu ukotvení, prostředí uložení a způsobu ošetřování betonu. V případě lehkých betonů je tento jev značně ovlivněn mírou nasycení zrn pórovitého kameniva vodou, množstvím a druhem plastifikačních přísad a skutečnou hodnotou vodního součinitele. Výzkum bude pokračovat ve snaze co nejpřesněji postihnout celkový průběh objemových změn lehkého betonu ve fázi jeho tuhnutí a tvrdnutí. V rámci experimentů budou modifikovány současné přípravky pro účely simulace vázaného smrštění. Cílem bude identifikace a zhodnocení míry vlivu jednotlivých faktorů ovlivňujících průběh objemových změn u hutných betonů vyrobených z lehkého pórovitého kameniva.

Ing. Petra Odehnalová  
e-mail: odehnalova.p@fce.vutbr.cz

Ing. Barbara Kucharzyková, PhD.  
kucharzykova.b@fce.vutbr.cz

obě: VUT v Brně, Fakulta stavební  
Ústav stavebního zkušebnictví

Recenzent a školitel: Prof. Ing. Jiří Adámeček, CSc.



## SLEDOVANIE POVRCHOVÝCH ZMIEN BETÓNOVÝCH VZORIEK V DÔSLEDKU BIODETERIORÁCIE SPÔSOBENEJ VPLYVOM VYBRANÝCH MIKROORGANIZMOV Z KYSLÝCH BANSKÝCH VÔD

### Nejlepší článek v kategorii Fyzikální a chemické vlastnosti stavebních hmot

Starnutie a deteriorácia prírodných i syntetických materiálov je prirodzený a nezvratný proces v prírode, ktorý môže urýchľovať alebo spomaľovať viacero činiteľov. Okrem fyzikálno-chemických faktorov, ktoré sú závislé od klimatických, geografických a topografických podmienok, sa v praxi často zabúda na ďalší veľmi významný faktor – biologický. Pojem biodeteriorácia bol definovaný ako každá nežiaduca zmena vlastností materiálu spôsobená činnosťou živých organizmov. Všetky typy mikroorganizmov – baktérie, sinice, riasy, prvoky, plesne a lišajníky – sa značnou mierou podieľajú na degradácii a znehodnocovaní stavebných materiálov. Z hľadiska biodeteriorácie betónových materiálov hlavne baktéria *Acidithiobacillus thiooxidans*, *Acidithiobacillus ferrooxidans* a síran-redukujúce baktérie sú významné a veľmi dôležité. V pôde prevládajúcim mikroorganizmom vyvolávajúcou oxidáciu sulfidu na elementárnu síru je rod *Acidithiobacillus*, ktorý je schopný života aj vo vodnom prostredí, hlavne v kyslých bankských vodách. Síran-redukujúce baktérie sa v prírode vyskytujú v anaeróbných zónach: pôdy, termálnych a netermálnych sírných prameňov, bankských vôd, ložísk ropy, stôk a odpadových vôd, stojatých sladkých vôd a tiež aj na dne morí a oceánov, ale aj v črevách človeka a zvierat.

V príspevku sa sledovali povrchové zmeny štruktúry betónových vzoriek po časovom pôsobení baktérií *Acidithiobacillus thiooxidans* a síran-redukujúcich baktérií rodu *Desulfovibrio* nachádzajúcich sa prevažne v kyslých bankských vodách. Kontrolami boli betónové vzorky, ktoré boli ponorené do destilovanej vody a do kultivačného média pre rod *Acidithiobacillus*. Do týchto médií bola ponorená každá vzorka iba do polovice, z dôvodu simulácie prostredia bankských ložísk, kde v anaeróbných podmienkach (pod vodou, pôdou) pôsobia síran-redukujúce baktérie, ktoré produkujú sulfát a ten je pôsobením aeróbných baktérií rodu *Acidithiobacillus* oxidovaný na kyselinu sírovú, ktorá spôsobuje výrazne poškodenie stavebných materiálov, v našom prípade betónu. Povrchové zmeny boli sledované stereo-mikroskopom so zväčšením 20 x 4,5. Preukázalo sa, že povrch betónových vzoriek ponorených do kyslej banskej vody bol najviac poškodený (obr. 6).

Cieľom ďalšieho výskumu v tejto oblasti bude študovať priebeh a rozsah biodeteriorácie betónu nielen účinkom kyslých bankských vôd, ale aj vplyvom odpadových vôd, v ktorých sa tieto baktérie tiež nachádzajú. Rovnako sa bude študovať aj biodeteriogený vplyv na betóny vyrobené podľa rozličných receptúr.

Ing. Vlasta Harbuláková  
TU Košice, Stavebná fakulta  
Katedra materiálového a environmentálneho inžinierstva  
Ústav budov a prostredia  
e-mail: vlasta.harbulakova@gmail.com  
Recenzent a školitel: RNDr. Adriana Eštoková, PhD.

Obr. 4 Sledovaný poměr únosnosti kompozitního sloupu dle EN 1994 a ceny

Obr. 5 Porovnání smršťování jednotlivých vzorků a smršťování vypočteného dle EN 1992-1-1

Obr. 6 Povrch betónovej vzorky pri kyslej banskej vode: a) pred experimentom, b) po 60 dňoch

připravila Lucie Šimečková