

KONFERENCE ZKOUŠENÍ A JAKOST VE STAVEBNICTVÍ

Sborník recenzovaných příspěvků konference

ZKOUŠENÍ A JAKOST VE STAVEBNICTVÍ 2012

www.zkouseniajakost.cz

2. - 3. října 2012
Fakulta stavební VUT v Brně

2. – 3. října 2012, FAST VUT v Brně

VĚDECKÝ VÝBOR KONFERENCE:

Ing. Ondřej Anton, Ph.D.
Prof. Ing. Jiří Adámek, CSc., místopředseda výboru
Doc. Ing. Zdeněk Bažant, CSc.
Prof. Ing. Juraj Bilčík, PhD.
Doc. Ing. Jiří Dohnálek, CSc.
Prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc.
Prof. Ing. Tibor Ďurica, CSc.
Ing. Věra Heřmánková, Ph.D.
Prof. Ing. Leonard Hobst, CSc., předseda výboru
Doc. Ing. Marcela Karmazínová, CSc.
Prof. Ing. Alena Kohoutková, CSc.
Doc. Ing. Jiří Kolísko, Ph.D.
Doc. Ing. Vojtěch Mencl, CSc.
Ing. Zuzana Slížková, Ph.D.
Prof. RNDr. Ing. Petr Štěpánek, CSc.
Ing. Petr Tůma, Ph.D.
Doc. Ing. Tomáš Vymazal, Ph.D.

2. – 3. října 2012, FAST VUT v Brně

OBSAH

BLOK I. ZKOUŠENÍ BETONOVÝCH KONSTRUKCÍ	9
METODIKA ZKOUŠENÍ VLASTNOSTÍ POPÍLKOVÝCH PÓROBETONŮ	
VÍT ČERNÝ, ROSTISLAV DROCHYTKA, KAREL KULÍSEK	11
DALŠÍ POZNATKY Z CHOVÁNÍ TRÁMKŮ VYROBENÝCH Z VLÁKNOBETONŮ S UŽITÍM POLYMEROVÝCH VLÁKEN PŘI DLOUHODOBÉM ZATÍŽENÍ	
JOSEF FLÁDR, JIŘÍ KRÁTKÝ	19
NOVÁ SROVNÁVACÍ MĚŘENÍ PŘI KONTROLE HOMOGENITY DRÁTKOBETONU	
LEONARD HOBST, PETR BÍLEK, JIŘÍ VALA, JAN VODIČKA	27
APLIKÁCIA PRAVDEPODOBNOSTNÝCH MODELOV DEGRADÁCIE NA ZVÝŠENIE KVALITY BETÓNOVÝCH KONŠTRUKCIÍ	
IVAN HOLLÝ, JURAJ BILČÍK	37
POROVNÁNÍ VLIVU VODNÍHO SOUČiniteLE A RŮZNÝCH TYPŮ VLÁKEN NA VZNIK TRHLIN V RANÉM VĚKU BETONU	
PETRA HRONOVÁ, ZLATA KADLECOVÁ, JIŘÍ ADÁMEK	45
OVĚŘENÍ STEJNORODOSTI BETONU POUŽITÉHO PRO STANOVENÍ VLIVU DÉLKY OŠETŘOVÁNÍ NA KVALITU BETONU	
DALIBOR KOCÁB, ONDŘEJ POSPÍCHAL, PETR CIKRLÉ	53
STANOVENÍ MODULU PRUŽNOSTI JÁDROVÝCH VÝVRTŮ BETONU POUŽITÉHO PRO HODNOCENÍ VLIVU DÉLKY OŠETŘOVÁNÍ NA KVALITU BETONU	
ONDŘEJ POSPÍCHAL, DALIBOR KOCÁB, PETR CIKRLÉ, PETR DANĚK	63
ÚNOSNOST A CHARAKTERISTIKY POUŽITELNOSTI ZOSILNĚNÝCH ŽELEZOBETONOVÝCH LINEÁRNÝCH PRVKOV	
MARTIN KRIŽMA, MARTIN MORAVČÍK, JAROMÍR PETRŽALA, FRANTIŠEK BAHLEDA	69
K RELEVANTNÝM MECHANICKÝM VLASTNOSTIAM CEMENTOVÝCH KOMPOZITOV S ROZPTÝLENOU OCEĽOVOU VÝSTUŽOU	
JAROMÍR PETRŽALA, MARTIN KRIŽMA, ĽUBICA PIŠŤANSKÁ, MAREK KOVAČOVIC	77
VÝSLEDKY ZKOUŠEK KLENÁKŮ VYROBENÝCH Z VLÁKNOBETONU A KLASICKÉHO ŽELEZOBETONU	
VÁCLAV RÁČEK, JAN VODIČKA, JIŘÍ KRÁTKÝ	85
NÁVRH A VYUŽITÍ OPTICKÝCH METOD PRO HODNOCENÍ HOMOGENITY ROZPTÝLENÍ DRÁTKŮ U ZVOLENÉHO PRŮŘEZU Z UHPC	
MILAN RYDVAL, MICHAELA KOSTELECKÁ, PETR HUŇKA, JIŘÍ KOLÍSKO	93
ZKOUŠKY OHYBEM A DIAGRAMY ODOLNOSTI VLÁKNOBETONŮ S RECYKLÁTY	
KAREL ŠEPS, JAN VODIČKA	101
PRŮZKUM A NÁVRH REKONSTRUKCE STŘECHY MONTOVANÉ HALY	
MILOŠ ZICH, ZDENĚK BAŽANT	109

BLOK III. ZKOUŠENÍ DALŠÍCH STAVEBNÍCH HMOT, DÍLCŮ A KONSTRUKCÍ.....	119
STANOVENÍ STÁŘÍ A PŮVODU CIHEL VE STAVEBNÍ KONSTRUKCI	
ONDŘEJ ANTON, PETR CIKRLÉ, VĚRA HEŘMÁNKOVÁ	121
STANOVENÍ VNITŘNÍHO VYZTUŽENÍ HISTORICKÝCH PLASTIK	
ONDŘEJ ANTON, PETR CIKRLÉ, VĚRA HEŘMÁNKOVÁ	131
DLOUHODOBÉ MECHANICKÉ VLASTNOSTI BETONŮ S VYPALOVANOU ČERNOUHELNOU HLUŠINOU	
MICHAL BATELKA, JIŘÍ ADÁMEK	141
ZÁKLADNÍ CHARAKTERISTIKY MODIFIKOVANÉHO DŘEVOPLASTOVÉHO KOMPOZITU	
ANNA BENEŠOVÁ.....	149
EXPERIMENTÁLNÍ ANALÝZA PRVNÍ SÉRIE MODELŮ KRUHOVÉHO ZTUŽIDLA	
ROMAN FOJTÍK, TOMÁŠ NOVOTNÝ, JAN HURTA	155
VLIV VELIKOSTI TRHLINY NA ŠÍŘENÍ ULTRAZVUKOVÝCH VLN V DŘEVĚNÉ KONSTRUKCI	
HANA HASNÍKOVÁ, PETR KUKLÍK, JAN VÍDENSÝ.....	161
ODOLNOST A TRVANLIVOST DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ	
VĚRA HEŘMÁNKOVÁ, ONDŘEJ ANTON, PETR CIKRLÉ, MICHAL STEHLÍK	169
SLEDOVÁNÍ DLOUHODOBÉHO PŘETVOŘENÍ PŘEDPJATÝCH ŽELEZOBETONOVÝCH KONSTRUKCÍ OPTOVĚKOVÝMI EXTENZOMETRY	
DITA JIROUTOVÁ, MIROSLAV VOKÁČ, PETR BOUŠKA, JIŘÍ KOLÍSKO	179
ZHODNOCENÍ AKTUÁLNÍHO STAVU A NÁVRH REKONSTRUKCE KAPLE SV. CYRILA A METODĚJE V MEDLICÍCH	
DALIBOR KOCÁB, ZDENĚK BAŽANT, PETR CIKRLÉ, JAN KOŠÁREK	187
TEPELNÁ VODIVOST PLNEJ PÁLENEJ TEHLY PRI CYKLICKÝCH ZMENÁCH RELATÍVNEJ VLNKOSTI	
OLGA KORONTHÁLYOVÁ.....	201
STAVÍME MODERNĚ	
MICHAELA KOSTELECKÁ, JIŘÍ KOLÍSKO.....	209
POPÍLKY PRO HVFAC	
LUCIE KRATOCHVÍLE, JIŘÍ KOLÍSKO, HANA ŠÁCHOVÁ, PETR HUŇKA.....	217
EXPERIMENTÁLNÍ VÝZKUM TRADIČNÍCH VÁPENNÝCH POJIV	
TOMÁŠ MATAS, JAN VÁLEK, JOSEF JIROUŠEK	227
STAVBA FULL-SCALE MODELU KONSTRUKCE VOZOVKY POZEMNÍ KOMUNIKACE	
DUŠAN STEHLÍK, PETR HÝZL.....	237
OCHRANA MURIVA Z PÓROBETÓNU CHEMICKOU INJEKTÁŽNOU METÓDOU	
ALENA STRUHÁROVÁ.....	247
ABSORPTION OF WATER AND IRREVERSIBLE EXPANSION OF THE BRICK BODY	
MIKULÁŠ ŠVEDA ¹ , RADOMÍR SOKOLÁŘ ²	253
TEPLTNÍ DILATACE OBKLADOVÝCH DESEK	
TOMAN JAN, KORECKÝ TOMÁŠ.....	261
MOŽNOSTI VYUŽITÍ LEHČENÉHO KAMENIVA PŘI VÝROBĚ CEMENTOTŘÍSKOVÉ DESKY	
MIROSLAV VACULA, MARTIN KLVAČ, ROBERT MILDNER	269

BLOK IV. NORMALIZACE A CERTIFIKACE VE STAVEBNICTVÍ, ŘÍZENÍ JAKOSTI A KVALITY.....	275
POSKYTOVÁNÍ INFORMACÍ O NORMÁCH A PŘEDPÍSECH PRO STAVEBNÍ VÝROBKY	
MARIE BAČÁKOVÁ	277
TEORETICKÉ A PRAKTICKÉ ASPEKTY MANAŽÉRSTVA KVALITY V STAVEBNÍCTVĚ	
TIBOR ĎURICA	285
POSTUP A VÝSLEDKY KONTROLY OPTICKÝCH PREVAŽOVACÍCH PRÍSTROJŮ	
JÁN JEŽKO	295
JE KONDENZACE NA VÝPLNÍCH OTVORŮ NEKVALITA? ANO ČI NE?	
JAN KLEČKA	309
QUALITÄT DER BAUMATERIALIEN, FAKTOREN, ANFORDERUNGEN AN IHRE EIGENSCHAFTEN UND IHREN EINFLUSS AUF DIE LEBENSDAUER, DEN LEBENSZYKLUS UND DIE HALTBARKEIT	
MIRIAM LEDEREROVÁ	315
VÝZNAM KVALITY ZKUŠEBNÍCH VZORKŮ A POSTUPŮ	
VOJTĚCH MENCL, EVA M. FOOSE	323
UVÁDĚNÍ STAVEBNÍCH VÝROBKŮ NA TRH EU A ČR PODLE NOVÉHO EVROPSKÉHO NAŘÍZENÍ (CPR - NAŘÍZENÍ EP A RADY EU Č. 305/2011)	
PAVEL VANĚK, TAŘÁNA PAŠIAKOVÁ	331
PROBLEMATIKA KVALITY A PŘESNOSTI ZABUDOVÁVÁNÍ OKEN A DVEŘÍ DO HRUBÉ KONSTRUKCE	
LINDA VESELÁ, JAROSLAV SYNEK	339
STATISTICKÁ ANALÝZA HODNOCENÍ VÝSLEDKŮ PROGRAMŮ ZKOUŠENÍ ZPŮSOBILOSTI	
TOMÁŠ VYMAZAL, PETR MISÁK, BARBARA KUCHARCZYKOVÁ	347
NEDEŠTRUKTÍVNA METÓDA KONTROLY ZHUTNENIA ZEMNÝCH KONŠTRUKCIÍ POMOCOU PRÍSTROJA HUMBOLDT	
KATARÍNA ZGÚTOVÁ, MARTIN DECKÝ, JURAJ ŠRÁMEK, DOMINIKA ĎUREKOVÁ	353
POZNÁMKY:	365

2. – 3. října 2012, FAST VUT v Brně



KONFERENCE
ZKOUŠENÍ A JAKOST
VE STAVEBNICTVÍ

BLOK I. ZKOUŠENÍ BETONOVÝCH KONSTRUKCÍ

2. – 3. října 2012, FAST VUT v Brně

METODIKA ZKOUŠENÍ VLASTNOSTÍ POPÍLKOVÝCH PÓROBETONŮ

PROPERTIES TESTING METHODOLOGY OF FLY ASH AUTOCLAVED AERATED CONCRETE

Vít Černý, Rostislav Drochytka, Karel Kulísek

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, ÚTHD

Anotace:

Při řešení problematiky využití úletových popílků při technologii výroby pórobetonu je nutné věnovat se nejen metodice provádění zkušebních technologických odlevů, ale také následnému zkoušení hotových výrobků. Článek tak pojednává o optimalizaci metodiky vytváření zkušebních těles z vyrobených zdělicích prvků.

Annotation:

In solving the issues of utilization of fly ash in autoclaved aerated concrete technology is necessary to devote not only to methodology of implementation the technological testing casts, but also to subsequent testing of finished products. The article deals with the optimization of forming test specimens methodology made of masonry elements.

Klíčová slova: úletový popílek, hodnocení, pórobeton, stavební materiál

Keywords: fly ash, evaluating, autoclaved aerated concrete, building material

1. Normové postupy zkoušek

Před řešením metodiky vytváření zkušebních těles řezáním pórobetonových výrobků je důležité vybrat rozhodující vlastnosti, které je třeba stanovit. Na základě platných norem a standardně sledovaných parametrů byly vybrány následující typy zkoušek:

- Stanovení objemové hmotnosti v suchém stavu autoklávovaného pórobetonu,
- stanovení vlhkosti autoklávovaného pórobetonu,
- stanovení pevnosti v tlaku autoklávovaného pórobetonu,
- stanovení pevnosti v tahu za ohybu autoklávovaného pórobetonu,
- stanovení součinitele tepelné vodivosti pórobetonu,
- stanovení odolnosti autoklávovaného pórobetonu proti zmrazování a rozmrazování.

1.1 Stanovení objemové hmotnosti v suchém stavu autoklávovaného pórobetonu (ČSN EN 678)

- jako zkušební tělesa se používají hranoly, krychle nebo válce o nejmenším rozměru alespoň 50 mm a objemu vždy nejméně 500 cm³,
- doporučuje se stanovit hmotnost v suchém stavu na zkušebních tělesech, která se používala ke stanovení pevnosti v tlaku podle EN 679
- zkušební sada se skládá ze 3 zkušebních těles.

1.2 Stanovení vlhkosti autoklávovaného pórobetonu (ČSN EN 1353)

- jako zkušební tělesa se používají hranoly, krychle nebo válce o nejmenším rozměru alespoň 50 mm a objemu vždy nejméně 500 cm³,
- zkušební sada musí obsahovat alespoň 3 zkušební tělesa.

1.3 Stanovení pevnosti v tlaku autoklávovaného pórobetonu (ČSN EN 679)

- zkušební tělesa jsou krychle s délkou hrany 100 mm,
- zkušební sada se skládá ze tří zkušebních těles.

1.4 Stanovení pevnosti v tahu za ohybu autoklávovaného pórobetonu (ČSN EN 1351)

- jako referenční zkušební tělesa se používají hranoly o výšce $h = 50$ mm, šířce $b = 50$ mm a délce $L = 200$ mm,
- zkušební sadu tvoří 3 tělesa,
- podélná osa zkušebních těles musí být kolmá na směr nárůstu.

U všech výše uvedených zkoušek se zhotoví, pokud je to možné, jedno zkušební těleso z horní třetiny stavebního dílce ve směru nárůstu, jedno zkušební těleso z prostřední třetiny a jedno zkušební těleso ze spodní třetiny. U stanovení objemové hmotnosti a vlhkosti alternativně postačí pouze jedno zkušební těleso, pokud zachycuje celou výšku dílce ve směru nárůstu hmoty a jeho objem je alespoň $1,5 \times 10^{-3} \text{ m}^3$. Objemová hmotnost, která se na takovém zkušebním tělese stanovuje, odpovídá střední hodnotě třech jednotlivých zkušebních těles.

1.5 Stanovení součinitele tepelné vodivosti pórobetonu (ČSN 73 1353)

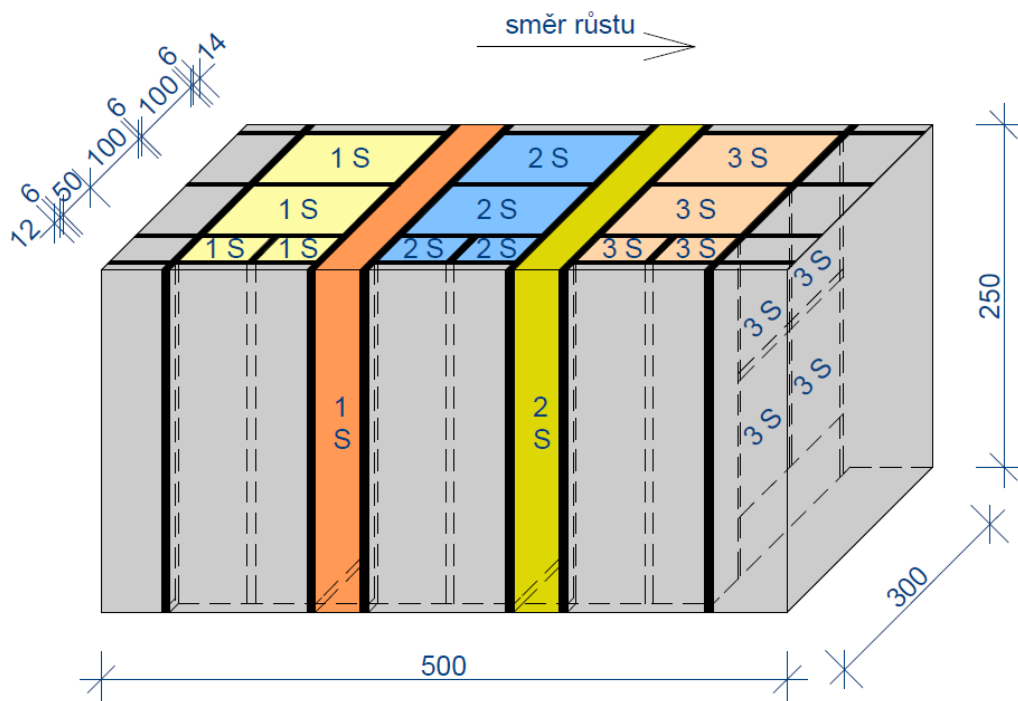
- norma přímo velikost zkoušeného vzorku nspecifikuje, avšak dle dostupného zkušebního zařízení jsou vhodnými vzorky čtvercové desky o hraně 300 mm a tloušťce minimálně 30 mm,
- podrobné informace o zkušebních vzorcích a zkušebních a měřících zařízeních, měřidlech a pomůckách jsou uvedeny v ISO 8302 a ČSN EN 12664.

1.6 Stanovení odolnosti autoklávovaného pórobetonu proti zmrazování a rozmrazování (ČSN EN 15304)

- tělesa ve tvaru krychle (dvě stejné sady skládající se z hlavních zkušebních těles a porovnávacích zkušebních těles),
- zkušební tělesa jsou krychle o hraně (100 ± 2) mm,
- zkušební sada se skládá z 12 zkušebních těles (6 hlavních a 6 porovnávacích),
- po vyřezání se zrousí jejich plochy.

2. Optimalizace vytváření zkušebních těles

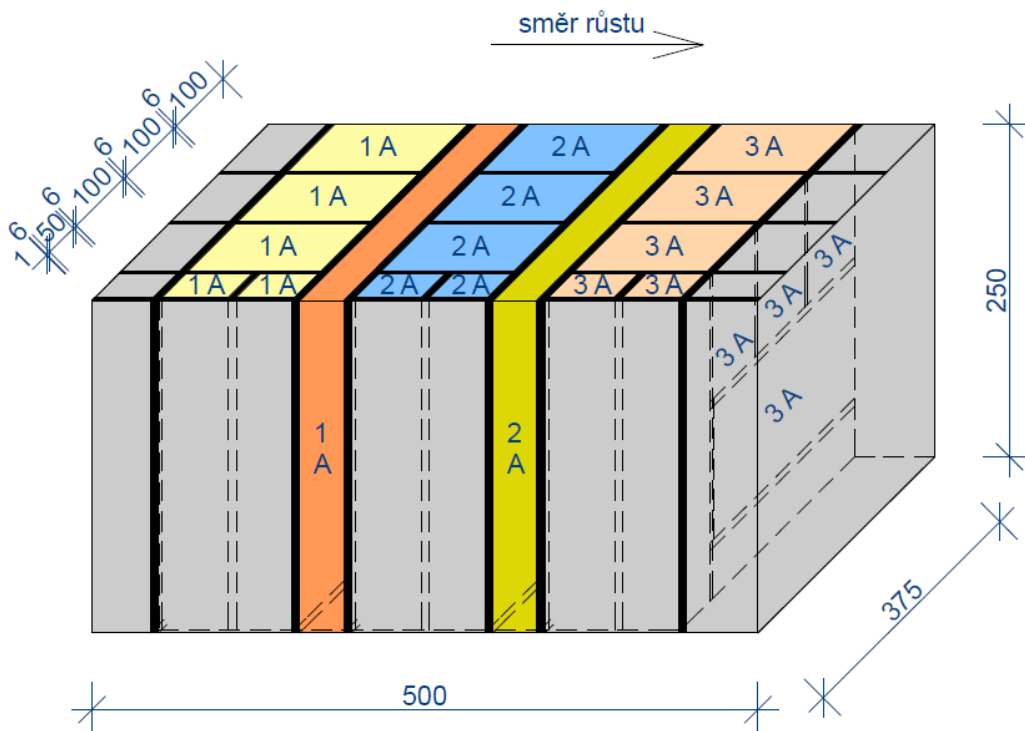
Na základě známých požadavků norem je již možné optimalizovat proces dělení tvárnic na zkušební tělesa. Vzhledem k sortimentu společnosti PORFIX CZ a.s. byly vybrány tvárnice o délce 500 mm, výšce 250 mm a šířkách 300 mm a 375 mm. Při návrhu je nutno také zohlednit šířku samotného řezného kotouče (6 mm pruh). Na následujících obrázcích jsou navrženy řezy pro optimální rozdělení tvárnic pouze s nutným odpadem v místech frézovaných úchopů a zámků.



Obrázek 1.: Schéma pro vytváření zkušebních těles z tvárnice o šířce 300 mm

Z tvárnice o šířce 300 mm je tak možno vytvořit:

- 6 ks krychlí o hraně 100 mm pro stanovení objemové hmotnosti a pevnosti v tlaku (referenční),
- 6 ks krychlí na zkoušky mrazuvzdornosti,
- 3 ks hranolů pro stanovení vlhkosti,
- 3 ks hranolů pro stanovení pevnosti v tahu,
- 2 desky 300 mm X 250 mm pro stanovení tepelné vodivosti.



Obrázek 2.: Schéma pro vytváření zkušebních těles z tvárnice o šířce 375 mm

Z tvárnice o šířce 375 mm je tak možno vytvořit:

- 3 ks krychlí o hraně 100 mm pro stanovení objemové hmotnosti a pevnosti v tlaku (referenční),
- 6 ks krychlí na zkoušky mrazuvzdornosti,
- 3 ks hranolů pro stanovení vlhkosti,
- 3 ks hranolů pro stanovení pevnosti v tahu,
- 2 desky 300 mm X 250 mm pro stanovení tepelné vodivosti,
- navíc je zde pod krychlemi prostor pro vytvoření zkušebních hranolů o rozměrech 100 mm X 100 mm X 300 mm pro stanovení statického modulu pružnosti jako doplňujícího parametru.

Obě tvárnice umožňují sledování vlivu růstu pórobetonu na jeho kvalitu v jednotlivých vrstvách.

3. Závěr

Standardní rozměry zdících tvárníc společnosti PORFIX CZ a.s. umožňují provedení uceleného souboru základních zkoušek (objemová hmotnost, vlhkost, pevnost, tepelná vodivost a mrazuvzdornost) s využitím třeba i jediné tvárnice. Je tak možno zúžit soubor zkušebních tvárníc na minimum a přepravovat je tak bez problémů i osobním vozidlem. Doporučuje se však udržovat počet zkušebních výrobků na počtu dvou kusů pro případné chyby při řezání nebo větším výskytu chyb jako jsou kaverny, praskliny apod.

Poděkování

Příspěvek byl vytvořen za finanční podpory z prostředků státního rozpočtu prostřednictvím Ministerstva průmyslu a obchodu v rámci projektu MPO FR-TI3/727 s názvem „Pokročilá technologie pórobetonu na bázi průmyslových odpadů pro energeticky úspornou výstavbu“.

Literatura

- [1] ČSN EN 678 - Stanovení objemové hmotnosti v suchém stavu autoklávovaného pórobetonu. Praha: Český normalizační institut, 1995.
- [2] ČSN EN 1353 - Stanovení vlhkosti autoklávovaného pórobetonu. Praha: Český normalizační institut, 1998.
- [3] ČSN EN 679 - Stanovení pevnosti v tlaku autoklávovaného pórobetonu. Praha: Český normalizační institut, 2006.
- [4] ČSN EN 1351 - Stanovení pevnosti v tahu za ohybu autoklávovaného pórobetonu. Praha: Český normalizační institut, 1998.
- [5] ČSN 73 1353 - Stanovení součinitele tepelné vodivosti pórobetonu. Praha: Český normalizační institut, 2010.
- [6] ČSN EN 15304 - Stanovení odolnosti autoklávovaného pórobetonu proti zmrazování a rozmrazování. Praha: Český normalizační institut, 2010.

Kontakt

Ing. VÍT ČERNÝ, Ph.D. tel: 00420 541 147 463, e-mail: cerny.v@fce.vutbr.cz, Ústav technologie stavebních hmot a dílců, FAST VUT v Brně, Veveří 95, 602 00 Brno.

Prof. Ing. ROSTISLAV DROCHYTKA, CSc., tel: 00420 541 147 501, e-mail: drochytka.r@fce.vutbr.cz, Ústav technologie stavebních hmot a dílců, FAST VUT v Brně, Veveří 95, 602 00 Brno

Doc. Ing. KAREL KULÍSEK, CSc., tel: 00420 541 147 506, e-mail: kulisek.k@fce.vutbr.cz, Ústav technologie stavebních hmot a dílců, FAST VUT v Brně, Veveří 95, 602 00 Brno

2. – 3. října 2012, FAST VUT v Brně

DALŠÍ POZNATKY Z CHOVÁNÍ TRÁMKŮ VYROBENÝCH Z VLÁKNOBETONŮ S UŽITÍM POLYMEROVÝCH VLÁKEN PŘI DLOUHODOBÉM ZATÍŽENÍ

OTHER FINDINGS OF BEHAVIOUR OF FIBER REINFORCED CONCRETE BEAMS WITH POLYMER FIBERS DURING LONG-TERM LOADING

Josef Fládr, Jiří Krátký

Fakulta stavební, ČVUT v Praze
Katedra betonových a zděných konstrukcí

Anotace:

Předností vláknobetonu jsou jeho tahové pevnosti po vzniku makrotrhlin. Dlouhodobé tahové namáhání způsobuje nárůst přetvoření vláken v čase. V příspěvku jsou uvedeny výsledky výzkumu tohoto jevu.

Annotation:

The tensile strength after the formation of macrocracks is the main advantage of fiber reinforced concrete. Long-term tensile stress of the fibres causes an increase of strain in time. The paper presents the results of research into this phenomenon.

Klíčová slova: vláknobeton, dotvarování, dlouhodobé zatížení, deformační vlastnosti

Keywords: Fibre reinforced concrete, Creep, Long-term loading, Deformation properties

1. Úvod

Používání syntetických vláken při ztužení cementové matrice vláknobetonového kompozitu umožňuje přenos tahových napětí i po vzniku makrotrhliny. Únosnost po vzniku makrotrhliny je označována jako reziduální (zbytková) únosnost. Reziduálních pevností lze také využívat při statickém návrhu nosných konstrukcí z konstrukčního vláknobetonu. Pro vláknobeton s polymerovými vlákny je tahová pevnost v místě makrotrhliny dána tahovou pevností samotného vlákna a jeho soudržností s cementovou matricí v místě kotvení vlákna. Při dlouhodobém zatížení konstrukce z vláknobetonu jsou vlákna dlouhodobě vystavena tahovému namáhání, které stejně jako u jiných konstrukčních materiálů způsobuje nárůst jejich přetvoření v čase. Tento jev je v technické praxi nazýván dotvarováním. Informaci o dotvarování polymerových vláken v současné době neudává žádný z výrobců syntetických vláken, přestože tato skutečnost může ovlivnit použitelnost konstrukcí nebo dokonce jejich bezpečnost.

V příspěvku budou uvedeny nejnovější výsledky dlouhodobého výzkumu, který se zabývá touto problematikou a již trvá necelé dva roky.

2. Experimentální program

2.1. Výroba zkušebních těles

Teoretická příprava experimentu a hlavně praktická část zkoušky probíhala ve spolupráci Fakulty stavební ČVUT v Praze a Fakulty stavební VŠB-TU Ostrava. Výroba základních zkušebních těles a jejich příprava pro zkoušku probíhaly v laboratořích Fakulty stavební ČVUT v Praze. Na Fakultě stavební VŠB-TU Ostrava se uskutečnilo dlouhodobé zatěžování a měření nárůstu průhybu. Hlavním zástupcem Fakulty stavební VŠB-TU Ostrava, který se podílel na průběhu celého experimentu, byl Ing. Jiří Lukš, Ph.D.

Experiment probíhal podle metodiky, kterou navrhli autoři článku na začátku výzkumu. Používaná zkušební metoda byla detailně popsána v článku „Chování trémových prvků z vláknobetonu s polymerovými vlákny při dlouhodobém zatížení“, který byl publikován na konferenci Zkoušení a jakost ve stavebnictví v roce 2011.

Pro první zkoušku dotvarování byla vyrobena čtyři zkušební tělesa s různými druhy syntetických vláken. Rozměr základních těles byl 150/150/700 mm, což jsou trámky, které se standardně používají. Každé zkušební těleso bylo vyrobeno podle stejné receptury (měnilo se množství záměsové vody z důvodu vhodné zpracovatelnosti s ohledem na druh vláken). Všechna vlákna byla dávkována se stejným objemovým stupněm ztužení struktury vláknobetonu $\rho_{v,f} = 1\%$.

Tabulka 1.: Ukázka používané receptury

Cement	CEM I - 42,5	500	kg/m ³
Vodní součinitel		0,3	kg/m ³
Plnivo	Kamenivo 8/16	487	kg/m ³
	Kamenivo 4/8	545	kg/m ³
	Písek	680	kg/m ³
Plastifikátor	Polykarboxylátový	16	kg/m ³

Tři druhy syntetických vláken byly vybrány podle dostupnosti a používání na českém trhu, jedná se o vlákna Forta Ferro (*označení vzorků FF*), BeneSteel (*označení vzorků BS*), Strux (*označení vzorků D*). Pro čtvrtý vzorek byly použita vlákna vyrobená z odpadních PET lahví (*označení vzorků PET*).

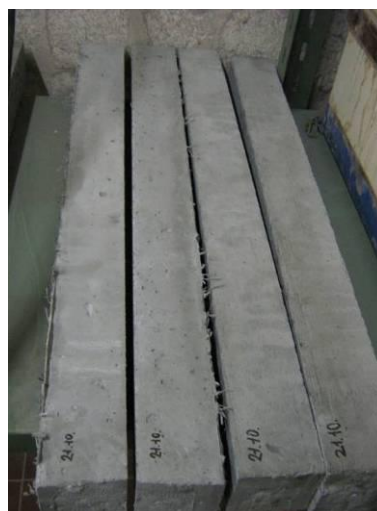
Tabulka 2.: Vlastnosti použitých vláken

Druh	FF	BS	D	PET
Materiál	Polypropylen	směs Polypropylenu a Polyethylenu	Syntetické	Polyetylen tereftalát
Typ vlákna	Monofilamentní a polyfilamentní	Monofilamentní	Monofilamentní	Monofilamentní
Objemová hmotnost	910 kg/m ³	920 kg/m ³	920 kg/m ³	750 kg/m ³
Tahová pevnost	700 MPa	660 MPa	620 MPa	neznámá
Délka	54 mm	55 mm	40 mm	80 mm

Po výrobě byl čerstvý beton uložen do ocelových forem a hutněn na vibračním stole. Po odbednění byla základní zkušební tělesa uložena do vodní lázně na cca 14 dní. Následně byla tělesa vyjmuta a rozdělena dvěma kolmými řezy, vedenými rovnoběžně s podélnou osou základního tělesa. Touto úpravou vznikla z každého základního tělesa čtyři zkušební tělesa o rozměrech 75/75/700 mm. Po této úpravě byla zkušební tělesa opět vrácena do vodní lázně. Rozřezání bylo provedeno už po 14 dnech proto, že beton už vykazuje dostatečnou pevnost a nedochází k vylamování nebo odštípání zrn kameniva, ale zároveň nedosahuje finálních pevností a dělení je méně namáhavé pro stroj i obsluhu.



*Obrázek 1.: Základní tělesa
o rozměrech 150/150/700 mm*



*Obrázek 2.: Zkušební tělesa
o rozměrech 75/75/700 mm*

2.2. Měření dotvarování syntetických vláken

První zkušební vzorek série, vzniklý rozřezáním základního trámce, se podrobí zkoušce ohybem při tříbodovém zatížení. Tříbodové zatížení je zvoleno, aby vzniklá makrotrhlina byla v předem definovaném místě, to je uprostřed nosníku, což usnadní uspořádání i vyhodnocení dlouhodobé zkoušky. Zatěžování na tomto vzorku se provádí až do úplného zlomení trámku. Tento zkušební vzorek, označovaný většinou jako vzorek číslo 1, se nepoužívá k dlouhodobému měření. Vzorek poskytuje pouze potřebné informace o vyrobeném vláknobetonu a pro stanovení hodnoty dlouhodobé zatížení ostatních zkušebních vzorků z dané série (základního tělesa 150/150/700 mm).

Po uložení a zatížení zbylých zkušebních vzorků série (označených 2., 3. a 4.) dlouhodobě působícím zatížením je nutné pravidelně sledovat hodnotu průhybu. Rychlost nárůstu průhybu v čase jednotlivých zkušebních těles ukazuje na rychlost délkového protažení vláken, která procházejí makrotrhlinou.



Obrázek 3.: Ukázka dlouhodobě působícího zatížení



Obrázek 4.: Měření průhybu zkušebního tělesa

2.3. Zjištění výsledky

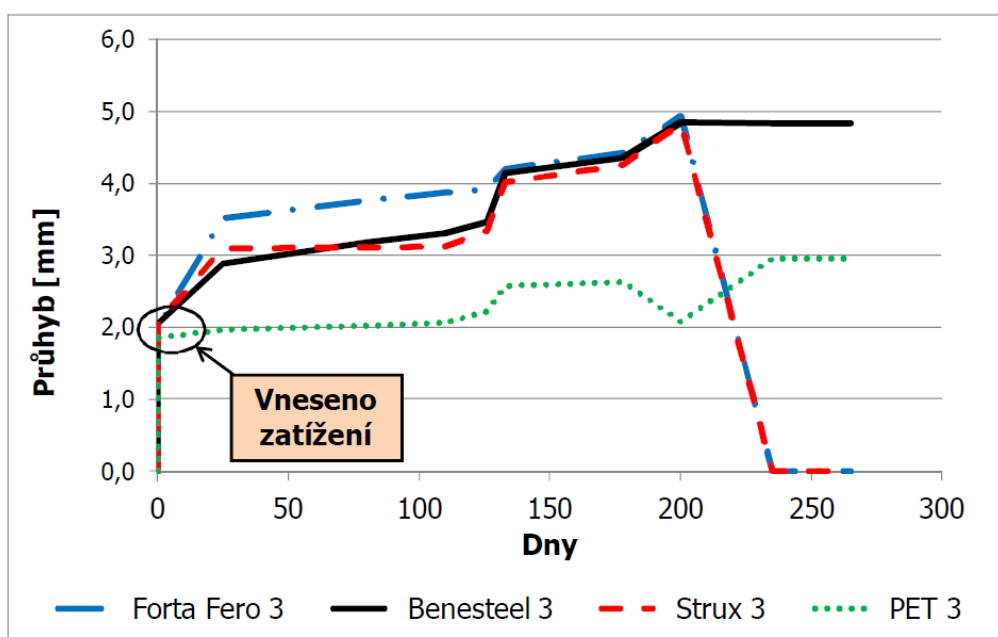
Tabulka 3.: Kompletní výsledky měření nárůstu průhybu

V l á k n a	V z o r e k	Průhyb na lisu při zatížení vzorku ohybem		Hodnoty dlouhodo běho zatížení [kg]	Průhyb vzorku na podepřené konstrukci												
		Při vzniku makrotrhliny [mm]	Při aktivaci vláken v trhlíně [mm]		Před zatížením	Po zatížení											
						Dnech											
						0	25	80	110	126	133	178	200	235	265	285	
						[mm]											
FF	1	0,36	1,25	-													
	2	0,24	1,00	52,1	0,91	1,63	2,15	3,38	3,65	3,78	3,81	3,87	4,50	4,59	4,59	porušení	
	3	0,98	1,53	77,6	1,77	-	2,00	3,52	3,76	3,87	3,92	4,20	4,42	4,94	4,94	porušení	
	4	0,48	0,92	36,68	1,61	-	Měření neproběhlo										
BS	1	0,33	1,15	-													
	2	0,25	1,10	43	0,72	1,70	1,75	1,80	1,85	2,21	2,27	2,32	2,41	2,55	2,55	2,55	
	3	0,86	1,64	26,5	1,71	-	2,05	2,88	3,18	3,31	3,46	4,14	4,35	4,85	4,84	ukončeno	
	4	0,72	0,99	50,4	1,13	-	-	1,63	1,48	1,61	1,67	2,02	ukončeno				
Stux	1	0,46	1,20	-													
	2	0,39	1,15	82	0,49	0,82	0,86	1,01	1,11	1,18	1,24	1,24	1,24	1,49	1,60	1,77	
	3	0,34	0,94	78,69	1,87	-	2,06	3,09	3,11	3,12	3,34	4,02	4,26	4,83	4,83	porušení	
	4	0,49	1,02	10,07	1,32	-	Měření neproběhlo										
PET	1	0,52	1,75	-													
	2	0,25	1,05	10	0,88	1,05	1,10	1,25	1,68	1,75	1,96	2,04	2,22	2,22	2,22	porušení	
	3	0,94	1,58	24,46	1,72	-	1,86	1,96	2,03	2,07	2,22	2,57	2,63	2,08	2,96	ukončeno	
	4	0,90	1,53	12	0,42	-	-	1,51	porušení								

U všech zatížených vzorků byl pravidelně odečítán průhyb. Interval měření průhybu se s postupujícím stářím vzorků zvětšoval, protože postupně docházelo k vymizení pružného přetvoření a krátkodobého dotvarování materiálů. Další nárůst dotvarování byl tedy způsoben pouze dlouhodobou složkou dotvarování. Měření probíhalo v 1, 25, 80, 110, 126, 133, 178, 200, 235, 265 a 285 dní.

Kompletní výsledky měření nárůstu průhybu jsou ukázány v *Tabulce 3*. Pro lepší přehlednost jsou výsledky nárůstu průhybu graficky znázorněny na *Obrázku 5*.

Počáteční průhyb cca 2 mm je způsoben uměle vnesenou deformací, nikoliv dlouhodobým zatížením, které bylo vneseno až po počátečním průhybu.



Obrázek 5.: Grafické znázornění nárůstu průhybu v čase u vzorků číslo 3.

3. Závěr

Zatěžování i ukládání vzorků bylo prováděno po etapách, což negativně ovlivnilo výsledky vlivem stáří vzorků. Proto se autoři článků dohodli začátkem roku 2012 dosavadní výzkum ukončit a zopakovat celý experiment. Zatížení vzorků nově opakovaného experimentu proběhlo

v červnu 2012, a proto nové výsledky nejsou vypovídající, protože zatěžování je nutné aplikovat minimálně jeden rok.

Dále je patrné, že k dotvarování vláken opravdu dochází a nárůst deformace může být až trojnásobný.

Autoři také zjistili, že výrazný vliv na únosnost vláknobetonu po vzniku makrotrhliny má též kvalita zakotvení vláken. Kvalita zakotvení je dána délkou vláken, frakcí použitého kameniva a stářím betonu, potažmo vlivem smrštění betonové matrice.

Poděkování

Teoretické podklady pro prezentované výsledky byly získány za finanční podpory projektu SGS11/106/OHK1/2T/11 „Betony a cementové kompozity s řízenými vlastnostmi“.

Literatura

[1] FLÁDR, J.; KRÁTKÝ, J.; VODIČKA, J.; LUKŠ, J.; ŠEPS, K.: Chování trémových prvků z vláknobetonu s polymerovými vlákny při dlouhodobém zatížení. In Zkoušení a jakost ve stavebnictví 2011, VUT v Brně, str. 73-78, IBSN 978-80-214-4338-9.

[2] FLÁDR, J.; KRÁTKÝ, J.; LUKŠ, J.; VODIČKA, J.; VAŠKOVÁ, J.: Effect of creep of polymeric fibres on deformation of fibre concrete beam elements under the long-term loading. In Fibre Concrete 2011, ČVUT v Praze str. 77–78. IBSN 978-80-01-04917-4

Kontakt

Ing. JOSEF FLÁDR, tel: +420 224354624, e-mail: josef.fladr@fsv.cvut.cz, Katedra betonových a zděných konstrukcí, Fakulta stavební, ČVUT v Praze, Thákurova 7/2077, 166 29 Praha 6

Doc. Ing. JIŘÍ KRÁTKÝ, CSc., tel: +420 224 354 677, e-mail: jiri.kratky@fsv.cvut.cz, Katedra betonových a zděných konstrukcí, Fakulta stavební, ČVUT v Praze, Thákurova 7/2077, 166 29 Praha 6

NOVÁ SROVNÁVACÍ MĚŘENÍ PŘI KONTROLE HOMOGENITY DRÁTKOBETONU

NEW CORRELATION MEASUREMENTS DURING CONTROL HOMOGENEITY FIBER-STRUCTURES

Leonard Hobst¹, Petr Bílek²,
Jiří Vala³, Jan Vodička⁴

¹ VUT v Brně, Fakulta stavební, ÚSZK,
² VUT v Brně, Ústav soudního inženýrství,
³ VUT v Brně, Fakulta stavební, MAT,
⁴ ČVUT v Praze, Fakulta stavební

Anotace:

Příspěvek se zabývá rozvojem magnetické metody za použití permanentních magnetů pro kontrolu rozložení vláken ve ztvrdlém drátkobetonu a srovnávacím měřením na kontrolních vzorcích.

Abstract

The paper deals with the development of the magnetic method using permanent magnets for monitoring the distribution of fibers in hardened steel fiber-concrete structures and comparative measurements on control samples.

Klíčová slova: *Nedestruktivní zkoušení, drátkobetonové konstrukce, homogenita drátkobetonu, magnetické metody, kalibrace.*

Keywords: *Non-destructive testing, steel fibre-concrete structures, homogeneity of wire distribution, magnetic method, calibration*

1. Úvod

Betony, které obsahují rozptýlenou ocelovou výztuž (drátky) jsou známé pod názvem drátkobetony. V posledních letech se díky dobrým fyzikálně mechanickým vlastnostem drátkobetonu velmi často vyskytuje snaha projektantů využít tohoto materiálu také pro nosné konstrukce. Ukazuje se, že aplikace drátkobetonu na takovéto konstrukce je cestou, která vede k ekonomickým efektům.

Podmínkou efektivního využití drátkobetonu v konstrukcích je však zajištění homogenního rozložení drátků v celém objemu konstrukce.

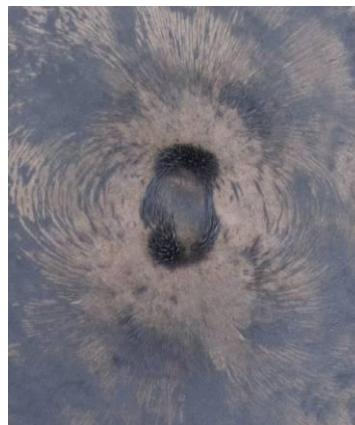
Samotné drátky jsou tvarově nepříznivou složkou směsi a velmi zhoršují zpracovatelnost drátkobetonové směsi. Současná kontrola homogenity probíhá dosud na čerstvé směsi, ale pokud drátkobeton ztverdne a je součástí konstrukce, nejsou v současnosti vyvinuty žádné známé spolehlivé metody, jak homogenitu drátkobetonu na konstrukci (např. drátkobetonové podlahové desky, nosníky) ověřit, aniž by došlo k jejímu znehodnocení.

Příspěvek se zabývá rozvojem semidestruktivní metody ověřování homogenity ztvrdlého drátkobetonu za pomoci permanentních magnetů a popisuje prvá srovnávací měření na testovacích vzorcích s „neznámou“ koncentrací drátkobetonu.

2. Teoretický základ užití metody

2.1. Magnetická metoda kontroly homogenity drátkobetonu

Při návrhu zkušební metody se vycházelo z požadavku praxe, aby koncentrace drátků byla sledována i uvnitř drátkobetonové konstrukce. Teno požadavek je možno splnit, pokud do konstrukce bude zhotoven vývrt, v jehož okolí bude měřena koncentrace drátků. Vycházelo se přitom z předpokladu, že drátky v drátkobetonu jsou tvořeny běžnou ocelí, která má vysokou permeabilitu $\mu \gg 1$ na rozdíl od beton, který má velmi nízkou permeabilitu $\mu \sim 1$. Dá se tedy předpokládat, že drátky rozptýlené v betonu zvýší jeho permeabilitu, která by měla být v korelaci s jejich koncentrací. Pro vytvoření magnetického pole byly vybrány permanentní magnety. V první fázi bylo pokusně sledováno chování magnetického pole v okolí permanentních magnetů, k čemuž byly využity ocelové piliny vysypané do okolí permanentních magnetů (Obr. 1).

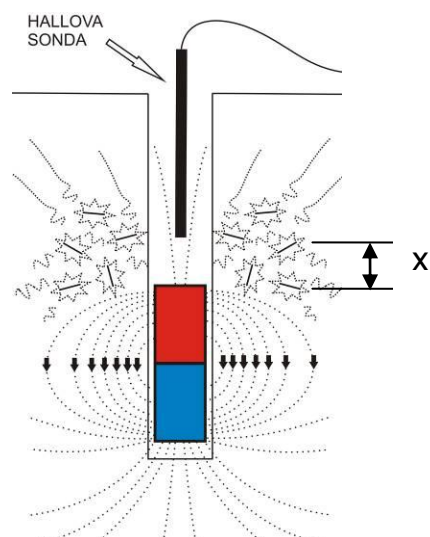


Obrázek 1.: Zobrazení magnetického pole v okolí sondy pomocí ocelových pilin

Na základě tvaru magnetického pole bylo navrženo schéma hloubkové magnetické sondy, kde změna magnetického pole by byla měřena sondou. Pro měření intenzity magnetického pole byl použit Gauss-teslameter Bell 5180, osazený radiální Hallovoú sondou (obr. 2). Na základě měření bylo navrženo schéma hloubkové magnetické sondy, které sestávalo z permanentních magnetů válcovitého tvaru, a změna magnetického pole byla měřena Hallovoú sondou v ose válcovité měřící sondy. Optimální vzdálenost sondy od povrchu permanentních magnetů „x“ byla stanovena na základě řady měření na kalibračních vzorcích (Obr. 3).



Obrázek 2.: Gauss-teslameter Bell 5180 s radiální Hallovoú sondou

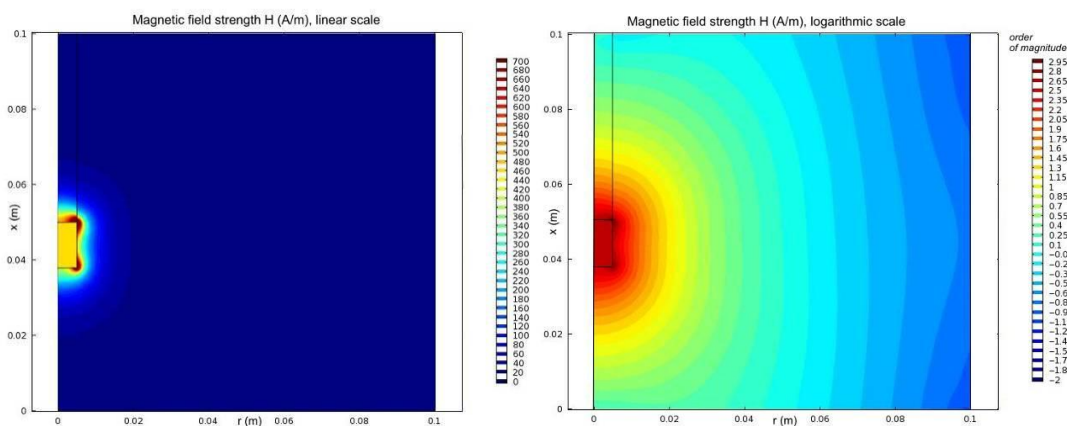


Obrázek 3.: Porušení magnetických siločar v drátkobetonu vlivem drátků

2.2. Matematický model šíření magnetického pole betonem

Pro zjištění přibližného prostupu magnetického pole (permeability permanentních magnetů) v drátkobetonu byl vytvořen matematický model a spočten v programu MATLAB (autor prof. Ing. Jiří Vala, CSc.). Výsledky byly ověřeny experimentálně v rámci řešení projektu.

Z výsledků je patrné (Obr. 4 a 5.), že intenzita magnetického pole je největší na povrchu permanentních magnetů a do 20 mm od středu magnetu, dále pak výrazně ubývá. Pozdějším výzkumem a měřením na vzorcích bylo ověřeno, že největší odezva je do 10 mm od povrchu sondy a nad 20 mm od povrchu sondy je ovlivnění strukturou drátkobetonu již velmi nízké.



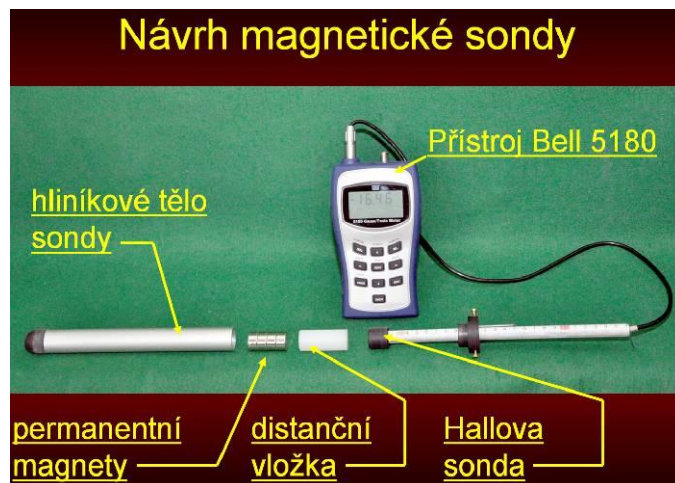
Průběh magnetického pole v okolí permanentních magnetů

Obrázek 4.: Lineární stupnice

Obrázek 5.: Logaritmická stupnice

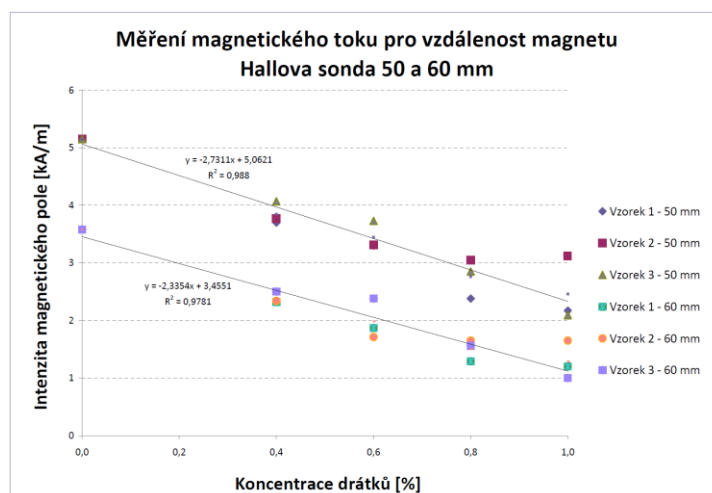
3. Postup při měření vyvíjenou sondou PeMaSo-01

Na základě prvních pokusných měření, která prokázala, že uvažované předpoklady tvaru magnetického pole jsou správné, byla sestrojena pokusná sonda (Permanentní-Magnety-Sonda nazvaná PeMaSo-01), která byla tvořena hliníkovou trubkou vnějšího průměru 24 mm, do které mohly být umístěny válečkové permanentní magnety \varnothing 22 mm (obr. 6).



Obrázek 6.: Skladba vývojové magnetické sondy

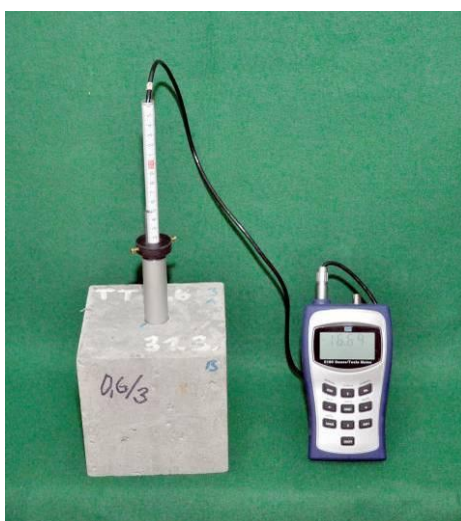
Vzdálenost Hallovy sondy od povrchu magnetů byla nastavitelná. Řada měření prokázala, že optimální množství permanentních magnetů jsou 4 magnety za sebou. Při měření Hallovou sondou se prokázalo, že se vzrůstající vzdáleností Hallovy sondy od povrchu magnetů sice roste citlivost přístroje, klesá však intenzita magnetického pole měřená Gauss-teslametrem. Jako nejvýhodnější se jevila vzdálenost mezi 50 mm a 60 mm Hallovy sondy od povrchu magnetů.



Obrázek 7.: Korelace mezi úbytkem intenzity magnetického pole a rostoucí koncentrací drátků ve vzorcích.

2. – 3. října 2012, FAST VUT v Brně

Kontrolní měření, provedená na 4 sadách kalibračních vzorků – krychlích s vyvrtaným otvorem \varnothing 25 mm, ukázala velmi dobrou korelaci (*Obr. 7*) mezi úbytkem intenzity magnetického pole a rostoucí koncentrací drátků ve vzorcích [2]. Konfigurace umístění magnetické sondy v kalibračním vzorku je na obr. 8.

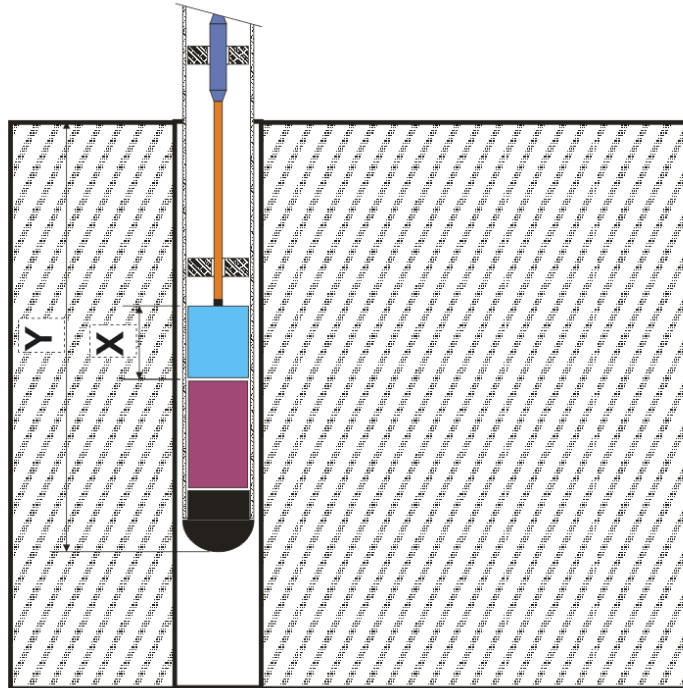
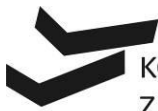


Obrázek 8.: Jeden z dvanácti vzorků opatřeného vývrtem se zasunutou sondou

4. Ověření magnetické metody na testovacích vzorcích

Pro ověření správnosti magnetické metody byly zhotoveny na Fakultě stavební ČVUT v Praze „testovací vzorky“, u kterých byla zaznamenána koncentrace drátků při výrobě, ale tato hodnota pro jednotlivé vzorky nebyla sdělena před měřením pracovníkům FAST VUT v Brně. Celkem bylo dodáno 12 krychlí drátkobetonu rozměrů 150 x 150 x 150 mm. Pro zvýšení přesnosti měření a počtu hodnocení byly do každého vzorku vyvrtány vždy 2 otvory \varnothing 25 mm, vzdálení od sebe 40 mm, což zaručovalo, že tyto paralelní otvory se nebudou ovlivňovat při měření.

Měření probíhala sondou PeMaSo-1 tak, že byla vyhodnocena 4 měření uprostřed sondy po krocích 10 mm. Další měření již by byla částečně ovlivněna „okrajovým efektem“ (obr. 9).



Obrázek 9.: Měřená oblast v krychli 150x150x150 mm

Měřená oblast Y nabývá hodnot 8 až 12 cm od horního líce testovacího vzorku (obr. 9)

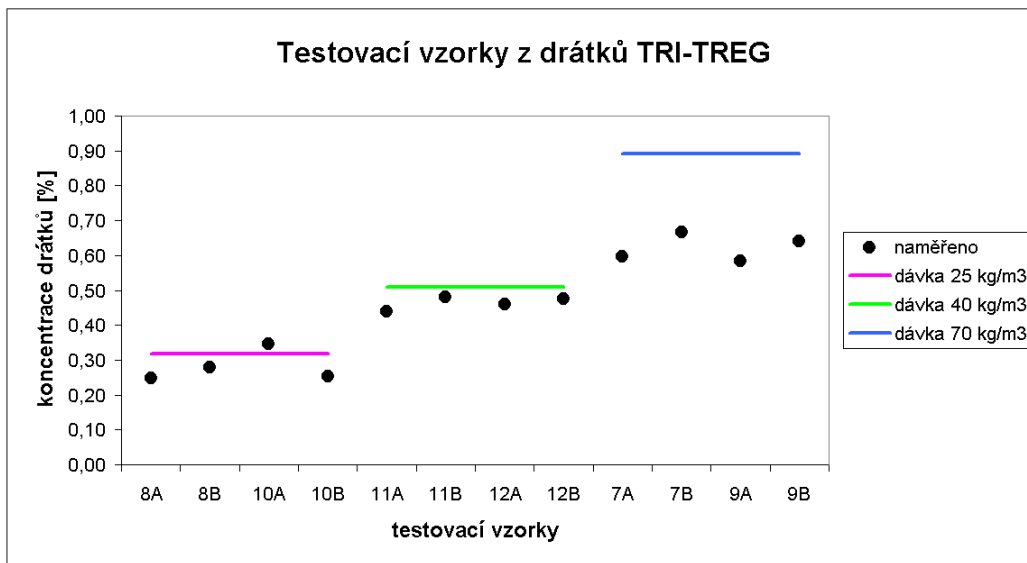
5. Výsledky srovnávacích měření

Naměřené výsledky z „testovacích vzorků“ byly vyhodnoceny z kalibračních vztahů, získaných na „kalibračních vzorcích“ (obr. 8). Po „odtajnění“ hodnot koncentrace drátků v drátkobetonu byly výsledky vyneseny do dvou grafů – obr. 10 a obr. 11. Graf obr. 10 je vyneseny pro drátky Dramix o koncentraci 0,32 % (25 kg/m^3), dále 0,51 % (40 kg/m^3) a 0,89 % (70 kg/m^3) a pro stejné koncentrace je vyneseny i graf obr. 11, kde ovšem výztuž tvoří drátky Tri-treg.

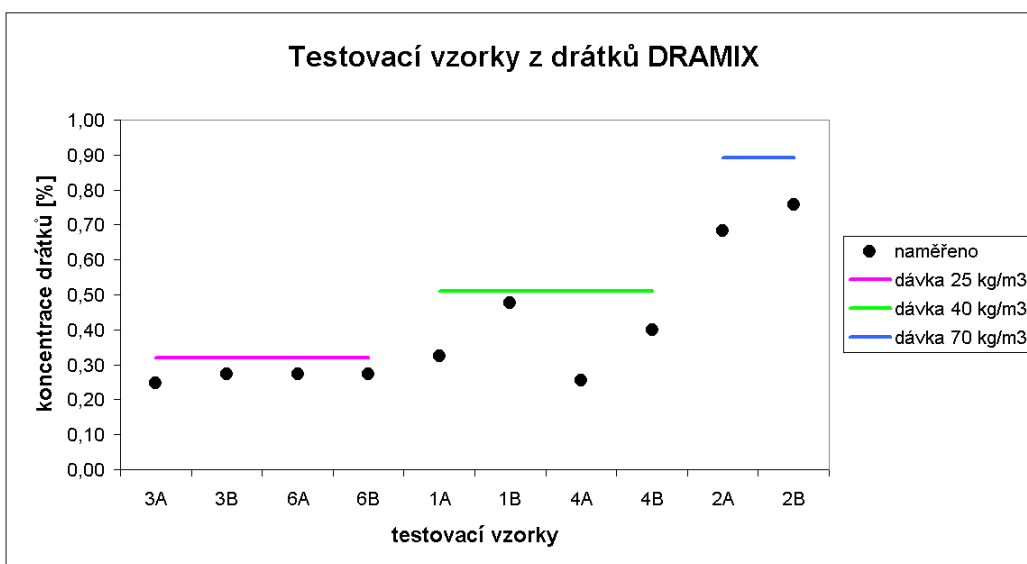
Z grafů je zřejmé, že pro nízké koncentrace drátkobetonu výsledky měření velmi dobře odpovídají koncentraci drátků v testovacích vzorcích. U vyšších koncentrací drátkobetonu roste i rozptyl měření, přičemž naměřené hodnoty zůstávají „pod hodnotami“, které jsou uváděny

2. – 3. října 2012, FAST VUT v Brně

na „testovacích vzorcích“. Je to pravděpodobně způsobeno tím, že se zvyšující se koncentrací drátků roste i pravděpodobnost většího rozptylu. Liší se tedy (pravděpodobně) koncentrace drátků u kalibračních vzorků a testovacích vzorků při vyšší koncentraci drátků ve vzorcích.



Obrázek 10.: Graf výsledků měření vzorků z drátků TRI-TREG



Obrázek 11.: Graf výsledků měření vzorků z drátků DRAMIX

6. Závěr

Využití magnetických vlastností drátků, obsažených v drátkobetonu se ukazuje jako perspektivní metoda. Potvrdilo se však zjištění, že i při stejné koncentraci drátků v kalibračních vzorcích může být bezprostřední odezva jednotlivých metod ovlivněna orientací drátků v místě měření. Je zřejmé, že tyto metody budou vyžadovat k dosažení hodnověrných výsledků více dílčích měření, která budou statisticky zpracována.

Dalším úkolem bude určení přesné oblasti, ze které jsou získávána naměřená data. Znalost přesné oblasti pro jakou jsou získaná data platná, tzn. určení dosahu magnetického pole, je důležitým prvkem ověřování homogenity drátkobetonu, aby byla možná kontrola koncentrace drátků na rozsáhlých konstrukcích, zhotovených z drátkobetonu.

Poděkování

Príspevek vznikl v rámci řešení projektu GAČR 103/09/H085 a FAST/ÚSI-S-12-1.

Literatura

- [1] HOBST, L.; ANTON, O.; ŠČUČKA, J.; VODIČKA, J. Ověřování homogenity drátkobetonu. In Sborník recenzovaných příspěvků konference Zkoušení a jakost ve stavebnictví 2010. Brno, VUT v Brně, FAST. 2010. s. 43 - 50. ISBN 978-80-214-4144-
- [2] HOBST, L.; ANTON, O.; VODIČKA, J.; ŠČUČKA, J. Radiografická metoda stanovení homogenity drátkobetonu v konstrukcích. In Zborník príspevkou zo 17. konferencie s medzinárodnou účasťou Construmat 2011. 2011. Košická Belá: Technická univerzita v Košiciach, 2011. s. 215-220. ISBN: 978-80-553-0685- 8.
- [3] HOBST, L.; ANTON, O.; Bílek, P.; VODIČKA, J. Prvé zkušenosti s ověřováním homogenity ztvrdlého drátkobetonu vyvíjenou magnetickou metodou. In *Sanácia betónových konštrukcií*. Bratislava: Vydavateľstvo JAGA, 2011. s. 49-54. ISBN: 978-80-8076-095- 3.
- [4] HOBST, L.; ANTON, O.; VALA, J.; HORÁK, M. A Magnetic Method for Testing of Homogeneity of Fibre Concrete. In 9th International

2. – 3. října 2012, FAST VUT v Brně

Conference NDT 2011 Nedestruktivní testování v technických oborech. Brno: 2011. s. 19-29. ISBN: 978-80-7204-774- 1.

[5] BÍLEK, P. První měření a poznatky s ověřováním homogenity drátkobetonu v konstrukci vyvíjenou magnetickou metodou. In *Juniorstav 2012 - Sborník anotací*. Brno: omegadesign, 2012. s. 235-235. ISBN: 978-80-214-4393- 8.

[6] BÍLEK, P.; HOBST, L. Ověřování homogenity drátkobetonu na kalibračních vzorcích vyvíjenou magnetickou metodou. *Sanace betonových konstrukcí*, 2012, roč. 2012, č. 1, s. 278-284. ISSN: 1211-3700.

Kontakt

Prof. Ing. LEONARD HOBST, CSc., VUT v Brně, Fakulta stavební, ÚSZK, Veveří 95, Brno, tel.: 541 147 836, e-mail: hobst.l@fce.vutbr.cz

Ing. et Ing. PETR BÍLEK, VUT v Brně, Ústav soudního inženýrství, Údolní 53, Brno, e-mail: petr.bilek@usi.vutbr.cz

APLIKÁCIA PRAVDEPODOBNOSTNÝCH MODELOV DEGRADÁCIE NA ZVÝŠENIE KVALITY BETÓNOVÝCH KONŠTRUKCIÍ

APPLICATION OF PROBABILISTIC DEGRADATION MODELS FOR INCREASE THE QUALITY OF CONCRETE STRUCTURES

Ivan Hollý, Juraj Bilčík

Katedra betónových konštrukcií a mostov,
SvF STU v Bratislave

Anotácia:

Z dôvodov nezohľadnenia degradácie materiálov došlo v minulosti k mnohým predčasným, či náhlym zlyhaniam stavebných konštrukcií. Kvalita navrhovania, zhotovovania a údržby stavebných konštrukcií je vážny problém i v súčasnosti. V článku sa uvádzajú pravdepodobnostné modely porušovania betónu, ktoré vyvolávajú depasiváciu výstuže.

Annotation:

For reasons of failure to material deterioration have occurred to many premature or sudden failure of building structures. The quality of the design, execution and maintenance of building structures is a serious problem in the present. The paper presents probabilistic models of concrete deterioration that cause depassivation of reinforcement.

Kľúčová slova: *degradácia betónových konštrukcií, degradačné modely, kvalita navrhovania, zhotovovania a údržby*

Keywords: *deterioration of concrete structures, deterioration models, quality of design, execution and maintenance*

1. Úvod

Ešte v nedávnej minulosti sa na charakterizovanie kvality betónu používali takmer výlučne pevnostné a deformačné parametre. Dnes je jasné, že aj ďalšie fyzikálne vlastnosti majú veľký význam. Rýchlosť degradácie betónu závisí na jedenej strane od intenzity pôsobiacich vonkajších vplyvov a ich agresívnosti, na druhej strane od kvality samotného betónu.

2. Kvalita navrhovania

Medzi základné činitele, ktoré vplyvajú na trvanlivosť betónovej konštrukcie, patria agresivita obklopujúceho prostredia, odolnosť betónu a odolnosť betónovej konštrukcie. Účinky obklopujúceho prostredia môžu byť fyzikálneho, mechanického, biologického a chemického charakteru. V budovách sa jedná napríklad o pôsobenie vnútorného alebo vonkajšieho prostredia. Pri mostných konštrukciách je významné pôsobenie chloridov z posypových solí v kombinácii s pôsobením mrazu, vody a exhalátov. Všetky tieto environmentálne zaťaženia treba zohľadniť už v procese návrhu betónovej konštrukcie.

Degradáciu betónu môžu vyvolávať nielen vonkajšie agresívne vplyvy, ale aj nevhodné zloženie betónu. Škodlivé látky môžu byť obsiahnuté v zložkách betónu a pri nepriaznivých okolnostiach môžu viesť k rozpadu betónu. Príkladom degradačného pôsobenia môže byť alkalicko-kremičitá reakcia, ku ktorej dochádza pri použití nevhodného kameniva obsahujúceho amorfný oxid kremičitý a cementu s vysokým obsahom alkálií.

V Nemecku prebiehajú práce na združenom vedeckom projekte, ktorého cieľom je vydanie smernice „Zásady trvalo udržateľného rozvoja betónových stavieb“. V rámci projektu vzniká aj základný koncept manažérstva životnosti, ktorý je založený na kombinácii pravdepodobnostných degradačných modelov na predpovedanie stavu a nedeštruktívnych metód skúšania, na báze trojdimenzionálneho, hierarchicky organizovaného modelu stavby.

Geometria stavby v 3D modeli sa exportuje z CAD systému a uloží do banky dát. Okrem geometrie sa jednotlivým nosným prvkom priradia

všetky informácie o použitých materiáloch, environmentálnych zaťaženiach a odolnosti. Všetky pre model významné informácie (napr. hrúbka krycej vrstvy, účinok chloridov, atď.) sa uložia priamo do 3D modelu ako náhodné veličiny (vrátane štatistických parametrov). Modul posúdenie stavu stavby slúži k vloženiu nameraných hodnôt z kontinuálneho (monitorovacie snímače) a diskontinuálneho (prehliadky) vyšetřovania do databázy. Poznatky o odolnosti prvkov (napr. kvalita betónu, krycia vrstva) a environmentálnom zaťažení (napr. koncentrácia CO₂ alebo Cl⁻) umožnia v prognostickom module vypočítať očakávaný vývoj stavu prvkov. Ak sú známe degradačné modely, prebehne pravdepodobnostný výpočet v externom nástroji. Výsledkom sú pravdepodobnosť poruchy P_f alebo index spoľahlivosti β pre rozhodujúci medzný stav. K hodnoteniu a porovnávaní stavu jednotlivých prvkov sa v hodnotiacom module prvkom udeľujú známky stavu od 0 (žiadne obmedzenie) po 6 (strata odolnosti). V module rekonštrukcia sa kvalifikovanému inžinierovi poskytuje katalóg opravných zásad (princípov). Po stanovení zásady sa zvolí vhodná metóda. Opravou vygenerovaný nový stav sa opäť vloží do databázy. Pre hlavné iniciátory korózie výstuže v betóne karbonatáciu betónu a difúziu chloridov, ako aj účinok zmrazovacích cyklov sú k dispozícii probabilistické degradačné modely. Pre ostatné mechanizmy porušovania sa odporúča použiť Markovove reťazce.

3. Kvalita zhotovovania

Okrem samotného návrhu má na jej celkovú životnosť a trvanlivosť betónovej konštrukcie veľký vplyv aj kvalita jej zhotovenia. Nekvalitné zhotovenie konštrukcie môže mať za následok vznik porúch vedúcich k ohrozeniu jej spoľahlivosti.

Nosná konštrukcia v súčasnosti navrhovaných budov je často tvorená tuhým doskovo-stenovým systémom. Pri betonáži spojitej stropnej dosky je potrebné vhodne navrhnuť taký postup betonáže, aby objemové zmeny betónu v procese tuhnutia a tvrdnutia nespôsobili vznik a rozvoj trhlín už v štádiu zhotovovania betónovej konštrukcie. Napriek snahám zhotoviteľov o dodržiavanie zásad pre zhotovovanie betónových konštrukcií sa na stavbách vyskytujú technologické trhliny. Priestorová tuhosť budovy vytvorená sústavou zvislých nosných stien vzájomne tuho spojených bráni v prípade spojitej železobetónovej dosky

jednotlivým poliam vodorovné pretvorenia vyvolané účinkami zmrašťovania. Obmedzenie pretvorení od objemových zmien má za následok vznik trhlín. Ich množstvo a šírka závisí najmä aj od spôsobu vystuženia dosky. Charakter trhlín a ich množstvo určujú aj ďalšie okolnosti, ktoré sa niekedy v procese prípravy a zhotovovania doskových konštrukcií v betonárskej praxi vyskytujú. Možno ich zhrnúť do nasledovných bodov:

▪ **chybná resp. nedostatočná špecifikácia čerstvého betónu.**

Napriek požiadavke podrobnejšej špecifikácie čerstvého betónu podľa platných noriem sa často nevenuje potrebná pozornosť. Ďalšími príčinami vzniku technologických trhlín sú použité betónu s vyšším stupňom konzistencie oproti projektu v snahe uľahčiť spracovanie čerstvého betónu, príp. používanie rýchlotuhnúcich betónov v snahe dosiahnuť rýchlejšie oddebňovaciu pevnosť betónu.

▪ **ošetrovanie mladého betónu.** Betón treba proti rýchlemu odparovaniu vody včas ošetrovať. Pod pojmom ošetrovanie sa rozumejú najmä opatrenia na spomalenie odparovania zámesovej vody a zabránenie nadmerného ochladenia betónu v počiatočných štádiách tvrdnutia.

▪ **vplyv prostredia**

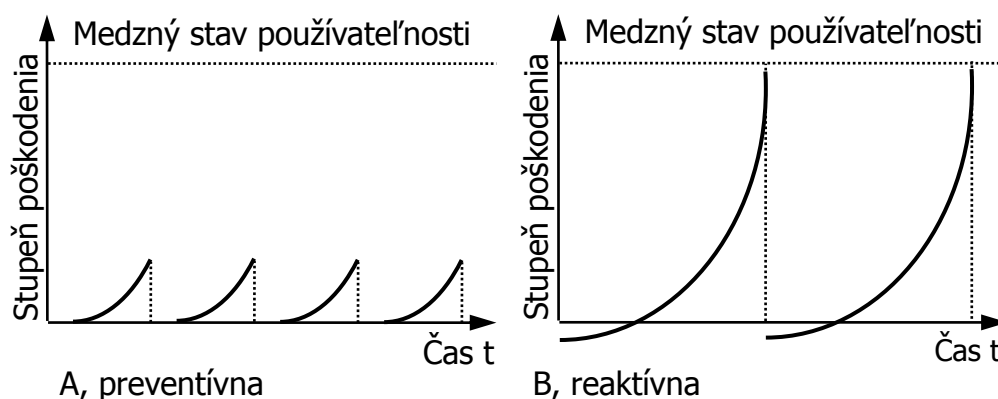
4. Kvalita údržby

Aby konštrukcia plnila účel, na ktorý bola navrhnutá počas celej doby svojej životnosti je nutné venovať patričnú pozornosť aj kontrole jej stavu a pravidelnej údržbe. Každá konštrukcia je navrhovaná na určitú dobu životnosti. Vzhľadom na pomerne dlhú dobu používania a narastajúci počet zistených porúch, pre prejavenie ktorých je čas významným faktorom, majú prehliadky betónových konštrukcií a ich diagnostikovanie veľký význam. Ak sa poruchy včas nezistia, môže to mať za následok ohrozenie spoľahlivosti stavby.

Z hľadiska plánovania údržby stavebnej konštrukcie sa rozlišuje:

▪ **preventívne plánovanie údržby** – eliminácia vzniku porúch sa docieľi pravidelnými kontrolami stavu konštrukcie počas roka. Takýto spôsob údržby sa vyžaduje u stavieb s dlhodobou životnosťou, resp. vystavených prostrediu so zvýšenou agresívnosťou (dopravná infraštruktúra).

- **reaktívne plánovanie údržby** - k oprave konštrukcie sa pristupuje vtedy, keď sa prejaví porucha. . Voči takémuto pasívnemu postupu možno mať výhrady aj z hľadiska bezpečnosti. Za uváženie však stojí predovšetkým skutočnosť, že náklady na odstránenie poruchy v pokročilom štádiu niekoľkonásobne prevyšujú náklady na včas realizovanú ochranu. Takýto prístup má síce za následok zníženie nákladov na prehliadky, samotná oprava však býva často oveľa nákladnejšia a rozsiahlejšia ako v prípade preventívneho plánovania. (obr.1)
- **kombinované plánovanie údržby** - kombináciou oboch spomenutých prístupov sa pre staticky významné časti konštrukcie použije preventívne plánovanie a pre menej významné prvky sa použije reaktívne plánovanie.



Obrázok 1.: Porovnanie preventívnej a reaktívnej koncepcie údržby.

5. Plne pravdepodobnostné modely degradácie betónových konštrukcií

Plne pravdepodobnostné modely pre karbonatáciou betónu alebo difúziou chloridových iónov iniciovanú koróziu výstuže uvádza (Model Code SLD 2006 i Model Code 2010). V tomto prípade sa nejedná o klasický medzný stav, jeho dosiahnutie nevyvolá obmedzenie použiteľnosti alebo únosnosti. Ide o náhradný medzný stav, ktorý predchádza obmedzeniam skutočného MSP. Pre takto pomerne konzervatívne definovaný medzný stav možno pripustiť menšiu mieru spoľahlivosti P_f = od 10^{-1} až 10^{-2} (β = 1,28 až 2,32).

5.1 Model depasivácie výstuže v dôsledku karbonatácie

V rámci projektu DuraCrete bol vypracovaný plne pravdepodobnostný model korózie výstuže vyvolanej karbonatáciou betónu. Medzný stav karbonatácie nastane vtedy, keď karbonatácia dosiahne povrchu výstuže, resp. keď hĺbka karbonatácie je väčšia ako betónová krycia vrstva.

Plne pravdepodobnostný model pre karbonatáciu betónu iniciovanú koróziou výstuže je založený na rovnici (1), v ktorej sa porovnáva hrúbka betónovej krycej vrstvy s hĺbkou karbonatácie $X_c(t)$ v sledovanom čase t

$$g(a, x_c(t)) = a - x_c(t) = a - \sqrt{2 \cdot k_e \cdot k_c \cdot (k_t \cdot R_{ACC,0}^{-1} + \varepsilon_t)} C_S \cdot \sqrt{t} \cdot W(t) \quad (1)$$

Kde t je čas [roky]

k_e funkcia zohľadňujúca vlhkosť betónu [-]

k_c parameter zohľadňujúci ošetrovanie betónu [-]

k_t parameter zohľadňujúci vplyv urýchlenej skúšky karbonatácie betónu (ACC) [-]

$R_{ACC,0}^{-1}$ obrátená hodnota odporu betónu proti karbonatácii betónu [(mm²/s)/kg CO₂/m³],

ε_t zohľadnenie nepresnosti pri použití urýchlenej skúšky karbonatácie (ACC) [(mm²/s)/(kgCO₂/m³)],

C_S koncentrácia CO₂ [kg CO₂/m³],

Wt funkcia zohľadňujúca miestne klimatické pomery [-]

5.2 Model depasivácie výstuže v dôsledku prenikania chloridov

Plne pravdepodobnostný návrh pre modelovanie prenikania chloridov bol vyvinutý v rámci výskumného projektu DuraCrete a prevzatý do dokumentu Model Code 2010. Je založený na bilancii kritickej koncentrácie chloridov C_{crit} so skutočnou koncentráciou chloridov na povrchu výstuže v krycej vrstve v čase t . Kritická hodnota koncentrácie chloridov na povrchu výstuže, v čase t sa podľa vypočíta:

$$C_{crit} = C(x=a, t) = C_0 + (C_{S, \Delta x} - C_0) \left[1 - \operatorname{erf} \frac{a - \Delta x}{2 \sqrt{D_{app,C}(t) \cdot t}} \right] \quad (2)$$

kde C_0 je pôvodný obsah chloridov v betóne [hm.-%/c]

$C_{S, \Delta x}$ obsah chloridov hĺbke Δx v sledovanom čase [hm.-%/c]

x hĺbka so zodpovedajúcim obsahom chloridov $C(x, t)$ [mm]

- a hrúbka betónovej krycej vrstvy [mm]
 Δx hĺbka povrchu ostrekovanej oblasti s častou zmenou vlhkosti [mm]
 $D_{app,C}$ koeficient difúzie chloridov v betóne [mm^2/a],
t čas [a]
erf funkcia chýb (error function)

6. Záver

Kvalita navrhovania, zhotovovania a údržby stavebnej infraštruktúry je vážny problém i v súčasnosti. Vysoké náklady na rekonštrukcie ovplyvňujú produktivitu a kvalitu života v mnohých krajinách. V poslednom čase došlo k významnému pokroku v matematickom modelovaní mechanizmov, ktoré spôsobujú degradáciu materiálov a poruchy konštrukcií. Používanie týchto modelov treba zaviesť v praxi do metódy medzných stavov. Náklady na monitorovanie a prehliadky sa viacnásobne vrátia nižšími nákladmi na údržbu a opravy, resp. skrátením doby odstávok.

Pod'akovanie

Príspevok vznikol za podpory výskumného projektu VEGA č.1/0784/12 „Holistické navrhovanie a overovanie betónových konštrukcií“.

Literatúra

- [1] SCHIEBL P.; MAYER F.: Heft 572: Lebensdauermanagement-system – Teilprojekt A2, Deutscher Ausschuss für Stahlbeton, Berlin. 2007
[2] BILČÍK J.: Obnova panelových budov, Komplexné riešenie konštrukčných, technologických, hygienických a energetických problémov, 2. Životnosť a trvanlivosť, SvF STU, Bratislava, 2007, ISBN 978-80-227-2763-1.
[3] VOŘECHOVSKÁ D.; TEPLÝ B.; CHROMÁ M.: Probabilistic Assessment of Concrete Structures Durability under Reinforcement Corrosion Attack, Journal of Performance of constructed Facilities, 11+12/2010
[4] fib: Model Code for Service Life Design. fib bulletin 34 February 2006, 110 s.

[5] UNČÍK, S.,: Obnova panelových budov, Komplexné riešenie konštrukčných, technologických, hygienických a energetických problémov, 6.Výber materiálov na obnovu, SvF STU, Bratislava, 2007, ISBN 978-80-227-2785-3.

[6] DAfStb: Schlussberichte zur ersten Phase des DAfStb/BMBF-Verbundforschungsvorhabens „Nachhaltig Bauen mit Beton“. Heft 572, 2007, 354 S.

[7] Hudoba, I.; Šoltész, J. Sanácia železobetónových stropných a balkónových dosiek porušených trhlinami. Stavebné materiály: Technológia.Konštrukcie.Výrobky. Roč. 7, č. 7. s. 38--41. ISSN 1336-7617.

[8] *fib* bulletin 55 (2010): Model Code 2010. First complete draft. Volume 2. pp. 288

Kontakt

Ing. IVAN HOLLÝ, tel: 00421 259 274 295, e-mail: ivan.holly@stuba.sk, Katedra betónových konštrukcií a mostov, SvF STU v Bratislave, Radlinského 11, 813 68 Bratislava.

Prof. Ing. JURAJ BILČÍK, PhD., tel: 00421 259 274 546, e-mail: juraj.bilcik@stuba.sk, Katedra betónových konštrukcií a mostov, SvF STU v Bratislave, Radlinského 11, 813 68 Bratislava.

POROVNÁNÍ VLIVU VODNÍHO SOUČINITELE A RŮZNÝCH TYPŮ VLÁKEN NA VZNIK TRHLIN V RANÉM VĚKU BETONU

THE INFLUENCE OF THE DIFFERENT WATER/CEMENT RATIOS AND DIFFERENT FIBRES ON THE CRACKING IN THE EARLY AGE OF CONCRETE

Petra Hronová, Zlata Kadlecová, Jiří Adámek

Fakulta stavební, VUT v Brně,
Ústav stavebního zkušebnictví

Anotace:

Článek informuje o výsledcích výzkumu, který je zaměřen na stanovení vzniku a rozvoje trhlin od reologických procesů v raném věku u různých betonů. Jednotlivé receptury se liší jednak hodnotou vodního součinitele a jednak druhem použitých vláken.

Annotation:

The article deals with the results of research which is focused on determination of cracking for different types of concrete. The concrete varies in water/cement ratio and it also varies in the type of the used fibres.

Klíčová slova: vznik trhlin, raný věk betonu, vodní součinitel, vzduchová propustnost, aktuální trvanlivost, vláknobeton, přístroj TPT, krychelná pevnost betonu.

Keywords: cracking, early age of concrete, water/cement ratio, air permeability, actual durability, fibre concrete, TPT machine, cube strenght of concrete.

1. Úvod do problematiky

Beton je v současné době jeden z nejpoužívanějších stavebních materiálů. Betonové konstrukce jsou běžně navrhovány s životností 50 i 100 let. Pro udržení dobré kondice betonové konstrukce je důležitá trvanlivost tohoto materiálu, tj. schopnost odolávat agresivním vlivům prostředí.

Z tohoto úhlu pohledu jsou významné vlastnosti krycí vrstvy betonu, což je vrstva, která chrání výztuž před agresivními látkami pronikajícími do betonové konstrukce z vnějšího prostředí. Bohužel právě tato vrstva je nejvíce vystavena vzniku trhlinek od autogenního a plastického smršťování a sedání. V místě vzniku těchto trhlinek potom při působení zatížení vznikají a prohlubují se větší trhliny, které mají negativní dopad na nepropustnost krycí vrstvy a tím na trvanlivost celé konstrukce.

Aktuální trvanlivost betonu není snadné jednoznačně určit. V současnosti probíhá diskuze, podle kterých parametrů tuto vlastnost nejlépe hodnotit. Část expertů se kloní k tomu stanovovat aktuální trvanlivost podle vlastností krycí vrstvy, respektive její propustnosti pro vzduch, eventuálně vodu.

2. Experimentální část

Experimentální práce byly zaměřeny na stanovení vzniku a rozvoje trhlin u jednotlivých receptur s různým vodním součinitelem a různým typem použitých vláken. Na dalších tělesech byla sledována propustnost povrchové krycí vrstvy pro vzduch jako odhad aktuální trvanlivosti betonu. Dále byly pro úplnost zjišťovány hodnoty krychelných pevností jednotlivých betonů ve stáří 28 dnů.

2.1. Výroba čerstvého betonu

Pro výrobu čerstvého betonu bylo použito hrubé kamenivo dvou frakcí: 4-8 mm a 8-16 mm, drobné těžené kamenivo 0-4 mm, cement CEM I – 42,5 R, voda a případně vlákna (Stavon, respektive Econo-Net).

Pro míchání čerstvého betonu byla použita míchačka s nuceným oběhem. Nejprve bylo do míchačky nadávkováno hrubé kamenivo obou frakcí, dále drobné těžené kamenivo a polovina dávky vody. Po krátkém promíchání kameniva s vodou byl přidán cement a dále druhá polovina dávky vody. Pokud byla do betonu dávkována vlákna, dělo se tak hned na počátku

míchání – vlákna byla přidávána ke hrubému kamenivu, aby mohlo dojít k jejich optimálnímu rozptýlení v čerstvém betonu.

Tabulka 1: Složení čerstvého betonu – různé vodní součinitele

CEM I 42,5 R	DTK 0-4 mm	HK 4-8 mm	HK 8-16 mm	voda	w/c
[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	[l]	-
349	760	380	760	157	0,45
349	724	362	724	192	0,55
349	686	343	686	227	0,65

Pro každý vodní součinitel byla vybetonována tzv. referenční směs bez vláken a dále dvě směsi s vlákny, a to Stavon (polymerní monofilamentní mikroválka, délka vláken 12 mm) a Econo-Net (polypropylenová vlákna vyráběná ve fibrilované formě, délka vláken 38 mm). Vlákna byla dávkována v množství doporučeném výrobcem, tj. 600 gramů na 1 m³ čerstvého betonu.

2.2. Zkušební tělesa a metodika měření

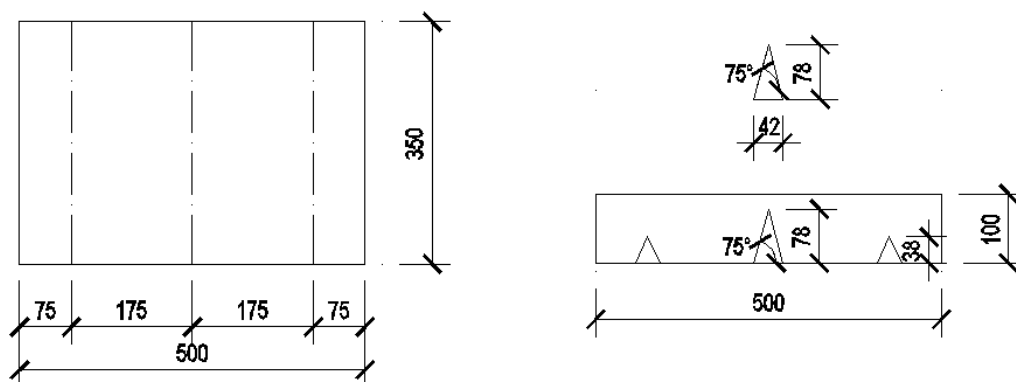
Pro účely experimentálních prací byla zhotovena tělesa pro stanovení krychelných pevností a stanovení propustnosti povrchové vrstvy pro vzduch přístrojem TPT (Torrent Permeability Tester) – krychle o hraně 150 mm.

Měření propustnosti betonu pro vzduch přístrojem TPT spočívá v měření proudění vzduchu do vnitřní komory přístroje. Základními prvky přístroje jsou dvoukomorová vakuová buňka a regulátor tlaku, které obstarávají proudění vzduchu do vnitřní komory orientované kolmo k povrchu zkoušené konstrukce. Přístroj pracuje ve spojení s vakuovým čerpadlem. Třída kvality krycích vrstev betonu z hlediska trvanlivosti se stanovuje dle Tabulka 2.

Tabulka 2: Třídy kvality povrchové vrstvy dle výrobce

Kvalita krycí vrstvy	Index	kT (10-16 m2)
velmi špatná	5	> 10
špatná	4	1,0 - 10
střední	3	0,1 - 1,0
dobrá	2	0,01 - 0,1
velmi dobrá	1	< 0,01

Pro měření vzniku a rozvoje trhlin byla vyrobena tělesa se třemi vruby, z nichž jeden je vysoký 78 mm a dva menší mají výšku 38 mm, přičemž forma má výšku 100 mm. Forma je přehledně vykreslena na Obr. 1. Měření šířky trhlin bylo realizováno po délce formy 350 mm v úsecích po 50 mm. V první fázi bylo měření realizováno příložnou měřicí šablonou s přesností 0,05 mm, v druhé fázi, kdy již byl povrch betonu schopen unést mikroskop, bylo měření realizováno mikroskopem s přesností 0,01 mm.



Obr. 1: Forma pro měření vzniku a rozvoje trhlin

3. Naměřená data

3.1. Měření vzduchové propustnosti

V tabulkách 3 - 5 je seznam průměrných naměřených hodnot koeficientů vzduchové propustnosti k_T , hloubky průniku vzduchu L a tlaků vyvozených při zkoušce Δp .

Tabulka 3: Vzduchová propustnost pro $w/c=0,65$

receptura	k_T [m^2]	p [mbar]	L [mm]	hm. vlhkost [%]	kvalita
referenční	0,229E-16	70	31,0	3,2	střední
Stavon	0,082E-16	83	14,0	2,8	dobrá
Econo-Net	0,161E-16	77	24,1	3,4	střední

Tabulka 4: Vzduchová propustnost pro $w/c=0,55$

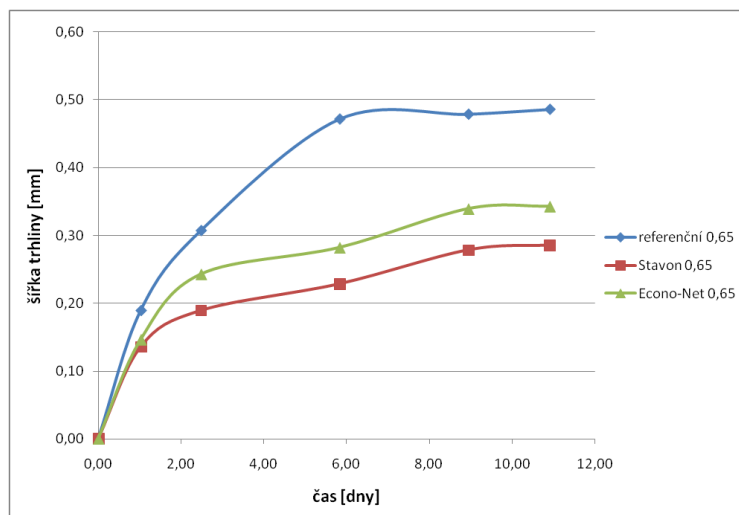
receptura	k_T [m ²]	p [mbar]	L [mm]	hm. vlhkost [%]	kvalita
referenční	0,356E-16	72	28,6	2,6	střední
Stavon	0,097E-16	101	21,0	2,8	dobrá
Econo-Net	0,306E-16	126	36,0	2,4	střední

Tabulka 5: Vzduchová propustnost pro $w/c=0,45$

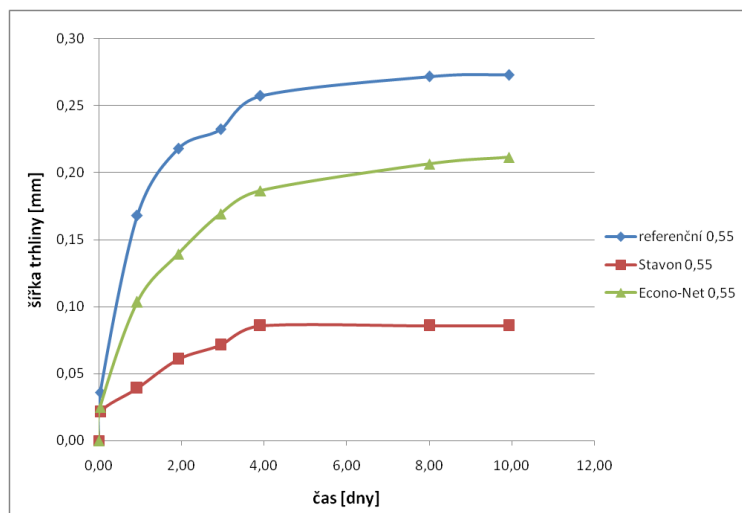
receptura	k_T [m ²]	p [mbar]	L [mm]	hm. vlhkost [%]	kvalita
referenční	0,055E-16	74	15,8	2,7	dobrá
Stavon	0,108E-16	83	22,0	2,7	střední
Econo-Net	0,151E-16	79	26,2	2,5	střední

3.2. Měření vzniku a rozvoje trhlin

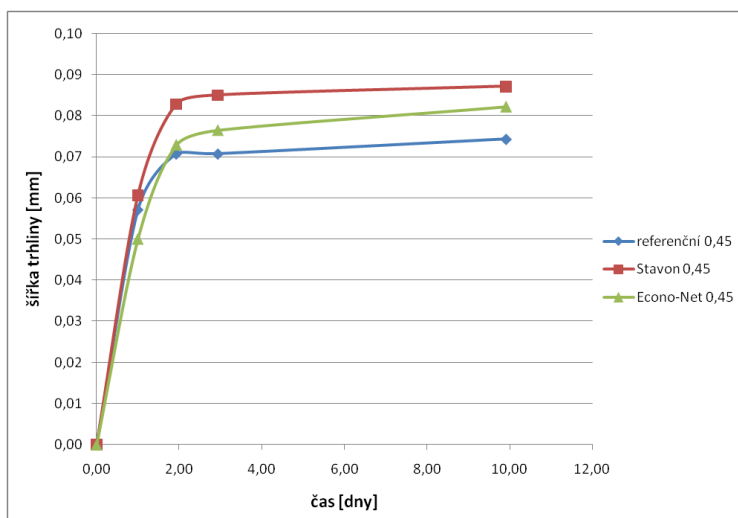
Z níže uvedených grafů je možné vyčíst, jak přidání vláken a změna vodního součinitele ovlivní šířku vznikající trhlinky.



Graf 1: Šířka trhliny v závislosti na čase pro $w/c=0,65$



Graf 2: Šířka trhliny v závislosti na čase pro $w/c=0,55$



Graf 3: Šířka trhliny v závislosti na čase pro $w/c=0,45$

3.3. Měření krychelných pevností

Krychelné pevnosti byly měřeny dle platné ČSN EN 12390 – Zkoušení ztvrdlého betonu, pevnost v tlaku zkušebních těles. Naměřené hodnoty jsou uvedeny v následující tabulce.

Tabulka 6: Krychelné pevnosti pro různé vodní součinitele a různé typy vláken

Receptura w/c	Referenční	Stavon	Econo-Net
	pevnost [MPa]	pevnost [MPa]	pevnost [MPa]
0,45	54,52	54,52	55,21
0,55	41,65	42,82	43,78
0,65	37,33	35,53	36,30

4. Závěr

Z hlediska vzduchové propustnosti vykazuje povrchová vrstva poměrně vyrovnané vlastnosti co se týká její kvality. U směsí s vyšším vodním součinitelem se jeví velice účinné použití vláken, u směsi s vodním součinitelem 0,45 se použití vláken pro zvýšení trvanlivosti zdá zbytečné. Trhliny v raném věku vznikaly nejvýrazněji u receptury s nejvyšším vodním součinitelem. Použití vláken jejich vznik výrazně eliminovalo u receptur s vyšším vodním součinitelem, u receptury s vodním součinitelem 0,45 se použití vláken jeví jako neefektivní. Krychelné pevnosti byly logicky nejvyšší u receptury s nejnižším vodním součinitelem, se zvyšujícím se vodním součinitelem pevnosti klesaly. Použití vláken se na velikosti krychelných pevností neprojevovalo.

Poděkování

Tento text vznikl za podpory projektů GAČR 103/09/0065 Omezení vzniku a rozvoje trhlin v betonových mostech a FAST-J-11-12 Měření propustnosti betonu NDT metodami jako podklad k odhadu aktuální trvanlivosti.

Literatura

[1] KADLECOVÁ, Z.; ODEHNALOVÁ, P., ADÁMEK, J.: Porovnání výsledků zkoušek propustnosti povrchové vrstvy pro vzduch a vodu. Betonářské dni 2010. Bratislava

- [2] ODEHNALOVÁ, P.; KADLECOVÁ, Z., ADÁMEK, J.: Hodnocení povrchové vrstvy betonu zkouškami propustnosti, Betonářské dni 2010, Bratislava
- [3] ADÁMEK, J., JURÁNKOVÁ, A.: Detection of Imperfection in Concrete Structure from Durability Viewport. XVI. International Conference MCM – Mechanics of Composite Materials 2010, Latvia
- ČSN EN 12390 – Zkoušení ztvrdlého betonu
- [4] ŠMERDA, Zdeněk. Trhliny v raném věku betonu. Článek v rámci grantu 103/96/1023 „Metody predikce a omezení nepříznivých projevů objemových změn“
- [5] ŠMERDA, ZDENĚK. Objemové změny betonu a jejich účinky na konstrukci, Beton a zdivo 1997/2
- [6] PROCHÁZKA, Jaroslav. Definice, názvosloví, trhliny v nosných a nenosných konstrukcích, Sborník ze semináře CONCON 98, Vydáno 1998

Kontakt

Ing. PETRA HRONOVÁ, tel: 00420 541 147 828, e-mail: hronova.p@fce.vutbr.cz, Ústav stavebního zkušebnictví, FAST VUT v Brně, Veveří 95, 602 00 Brno.

Ing. ZLATA KADLECOVÁ, tel: 00420 541 147 829, e-mail: kadlecova.z@fce.vutbr.cz, Ústav stavebního zkušebnictví, FAST VUT v Brně, Veveří 95, 602 00 Brno.

Prof. Ing. JIŘÍ ADÁMEK, CSc, tel: 00420 541 147 800, e-mail: adamek.j@fce.vutbr.cz, Ústav stavebního zkušebnictví, FAST VUT v Brně, Veveří 95, 602 00 Brno.

**OVĚŘENÍ STEJNORODOSTI BETONU
POUŽITÉHO PRO STANOVENÍ VLIVU DÉLKY
OŠETŘOVÁNÍ NA KVALITU BETONU**

**HOMOGENEITY VERIFICATION OF CONCRETE
USED TO DETERMINATION
OF INFLUENCE OF CURING TIME ON FINAL
QUALITY OF CONCRETE**

Dalibor Kocáb, Ondřej Pospíchal, Petr Cikrle

Ústav stavebního zkušebnictví,
Fakulta stavební, VUT v Brně

Anotace:

Tento příspěvek pojednává o výrobě kvádrů 300×300×900 mm z betonu C20/25 a zjištění jejich stejnorodosti. Beton byl použit pro rozsáhlejší experiment.

Annotation:

The article deals with the manufacture of blocks with dimensions 300×300×900 mm from concrete C20/25 and with determination of their homogeneity. The concrete was used to sizable experiment.

Klíčová slova: Beton, stejnorodost, ultrazvuková metoda

Keywords: Concrete, homogeneity, ultrasonic impulse method

1. Úvod

Tento příspěvek popisuje pouze dílčí část rozsáhlejšího experimentu, který se zabývá vlivem délky ošetřování obyčejného konstrukčního betonu C20/25 v nepříznivých klimatických podmínkách na jeho výsledné materiálové charakteristiky (pevnost v tlaku, modul pružnosti).

Bylo naplánováno vyrobit poměrně velké množství zkušebních těles. Pro zajištění co největší stejnorodosti betonu byly všechny zkušební vzorky vyrobeny z jediné dávky přivezené autodomíchačem.

Smyslem části experimentu, kterou popisuje tento článek, bylo právě ověření stejnorodosti betonu, kdy při hutnění hrozí segregace kameniva zejména u vyšších zkušebních těles (normové válce).

2. Všeobecné údaje

Po vysypání požadovaného množství betonu $0,5 \text{ m}^3$ z autodomíchače do předem připravených kalfasů přímo u laboratoře Ústavu stavebního zkušebnictví Fakulty stavební VUT v Brně, kde následně proběhla výroba zkušebních těles v co možná nejkratším čase (*Obrázek 1.*).



Obrázek 1.: Vysypání betonu z autodomíchače do předem připravených kalfasů.



Obrázek 2.: Beton vysypaný do prvního kalfasu byl z velké míry tvořen hrubým kamenivem.

Pro určení stejnorodosti použitého betonu pevnostní třídy C20/25 byly zhotoveny dva kvádry o jmenovitých rozměrech 300 × 300 × 900 mm (*Obrázek 3.*). Kvádr č. 1 byl vybetonován z promíchaného betonu, ze kterého byly vyrobeny všechny předešlé zkušební vzorky. Kvádr č. 2 byl vyroben z betonu, který byl z autodomíchávače vysypán jako první (*Obrázek 2.*). V této části betonu (jednalo se přibližně o 80 litrů) převažovala složka hrubého kameniva, a proto byla ponechána v samostatné nádobě a nebyla smíšena se zbylým množstvím.

Při vyprazdňování autodomíchávače se jedná o standardní fakt, který by mohl hrát roli pouze při betonáži velmi subtilních prvků a pouze v případě nedostatečného zhutnění a vzniku kaveren. Přesto se autoři rozhodli porovnat kvalitu betonu obou kvádrů – tedy kvalitu betonu vysypaného na začátku a během vyprazdňování autodomíchávače.

Po betonáži byly kvádry přikryty PE fólií a ponechány v laboratoři (*Obrázek 4.*). Po 7 dnech byla fólie sejmuta a beton kvádrů zbylých 21 dní zrál v normálních laboratorních podmínkách.



Obrázek 3.: Výroba betonových kvádrů.



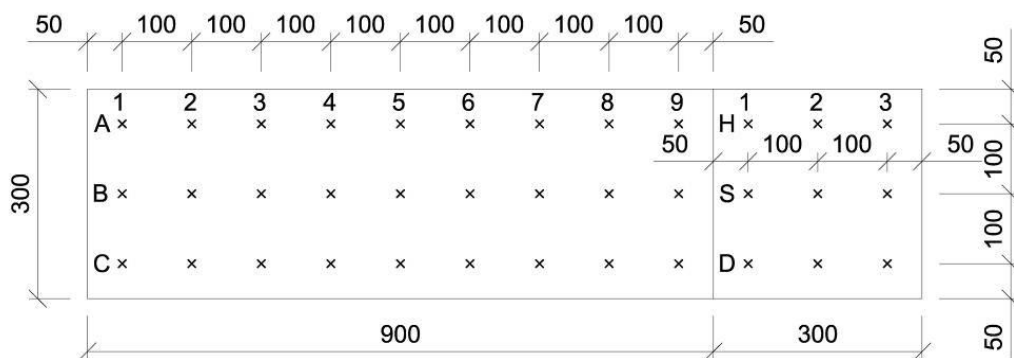
Obrázek 4.: Uložení kvádrů po betonáži.

3. Metodika zkoušek

Po 28 dnech zrání betonu byly kvádry odformovány a podrobeny zkoušení. Na obou kvádrech byl ze všech čtyř stran nakreslen rastr 100 × 100 mm (viz *Obrázek 5.*) a v jeho bodech byla pomocí přístroje TICO měřena doba průchodu ultrazvukového vlnění – na délku

2. – 3. října 2012, FAST VUT v Brně

(Obrázek 6.) i na šířku kvádrů. Ze zjištěné doby průchodu ultrazvukových impulsů byla následně vypočtena rychlost šíření UZ vlnění v_L [m/s], která sloužila jako podklad pro vyhodnocení stejnorodosti betonu.



Obrázek 5.: Schematický náčrt rastru pro UZ měření.



Obrázek 6.: Měření doby průchodu UZ impulsů kvádrem – podélně.

Poté byly z kvádrů odebrány jádrové vývrty o jmenovitém průměru 100 mm, na kterých byla zjištěna dynamická i statická hodnota modulu pružnosti betonu, o čemž pojednává článek [1], a pevnost v tlaku betonu.

Veškeré zkoušky byly prováděny dle příslušných norem [2], [3], [4], [5].

4. Souhrn a diskuze dosažených výsledků

Zjištěné rychlosti ultrazvukového vlnění jsou pro oba kvádry v obou směrech měření vyčísleny v *Tabulce 1.* až *Tabulce 4.*

Tabulka 1.: Rychlost šíření ultrazvukového vlnění kvádrem 1 v podélném směru včetně statistických charakteristik.

v_L [m/s]	1	2	3		
H	3921	3916	3899	$m_x =$	4006
S	4027	4021	4009	$s_x =$	76,7
D	4094	4070	4094	$V_x =$	1,92

Tabulka 2.: Rychlost šíření ultrazvukového vlnění kvádrem 2 v podélném směru včetně statistických charakteristik.

v_L [m/s]	1	2	3		
H	4004	4052	4034	$m_x =$	4096
S	4102	4139	4127	$s_x =$	54,2
D	4102	4159	4146	$V_x =$	1,32

Tabulka 3.: Rychlost šíření ultrazvukového vlnění kvádrem 1 v příčném směru včetně statistických charakteristik.

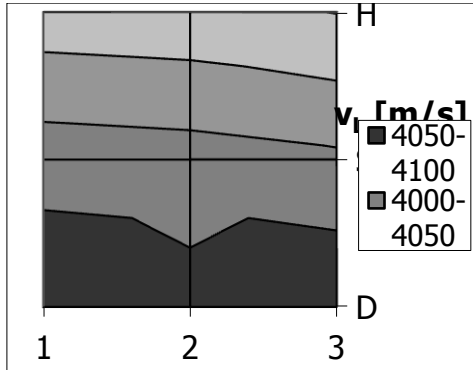
v_L [m/s]	1	2	3	4	5	6	7	8	9
A	4014	4025	3993	3961	3940	3977	3930	3883	3935
B	4102	4114	4177	4166	4069	4119	4069	4102	4154
C	4154	4142	4166	4219	4207	4154	4166	4177	4125
	$m_x =$	4083		$s_x =$	96,9		$V_x =$	2,37	

Tabulka 4.: Rychlost šíření ultrazvukového vlnění kvádrem 5 v příčném směru včetně statistických charakteristik.

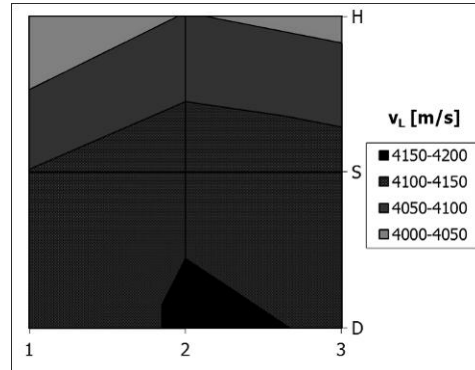
v_L [m/s]	1	2	3	4	5	6	7	8	9
A	4073	4107	4118	4062	4113	4113	4164	4130	4147
B	4272	4260	4147	4200	4223	4118	4170	4164	4170
C	4272	4200	4223	4176	4170	4194	4164	4254	4284
	$m_x =$	4174		$s_x =$	60,8		$V_x =$	1,46	

Rozložení betonu s rozdílnou rychlostí průchodu UZ vlnění v obou kvádrech je vykresleno v plošných grafech na *Obrázku 7.* až *Obrázku 10.*

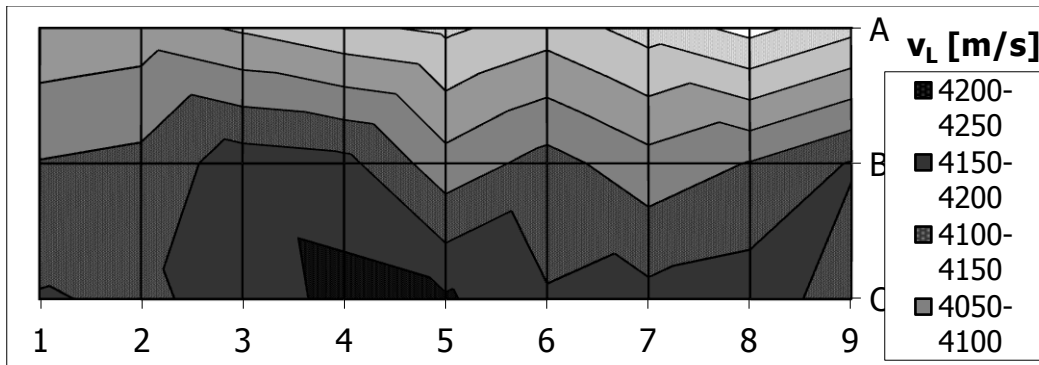
2. – 3. října 2012, FAST VUT v Brně



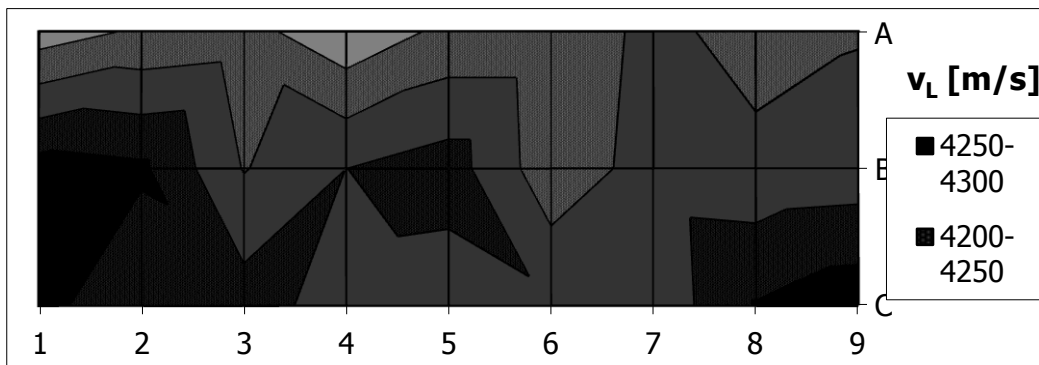
Obrázek 7.: Rychlost šíření ultrazvukového vlnění kvádrem 1 v podélném směru.



Obrázek 8.: Rychlost šíření ultrazvukového vlnění kvádrem 2 v podélném směru.



Obrázek 9.: Rychlost šíření ultrazvukového vlnění kvádrem 1 v příčném směru.



Obrázek 10.: Rychlost šíření ultrazvukového vlnění kvádrem 2 v příčném směru.

Nižší hodnoty rychlosti v podélném směru lze vysvětlit větší vzdáleností sond než je tomu ve směru příčném. Projevuje se zde např. vliv rozměrnosti prostředí či vliv zpomalování vlnění na mikroporuchách ve struktuře betonu. Rozdíl 1,9 % (u obou kvádrů) mezi rychlostí v příčném a podélném směru je s ohledem na přesnost měření zanedbatelný.

Na základě zjištěné hodnoty variačního koeficientu lze dle [5] konstatovat, že beton obou kvádrů je stejnorodý ($V_x \leq 4\%$). Vyšších rychlostí UZ vlnění dosahoval kvádr 2, který byl vyroben z „hustšího“ betonu s větší mírou zastoupení hrubého kameniva. Právě tato skutečnost zřejmě vysvětluje lepší výsledky zkoušek ultrazvukem. Zároveň je možné tímto vysvětlit i větší stejnorodost betonu kvádru 2 po výšce – hrubého kameniva v kvádru 1 bylo méně, a proto při hutnění ponorným vibrátorem snáze kleslo směrem ke dnu formy.

Výsledné pevnosti v tlaku betonu jádrových vývrtů (a poloha vývrtů v kvádru) jsou zachyceny na *Obrázku 10*.

KVÁDR 1:

26,0	23,2	24,4	26,5	23,4	21,8
24,1	23,2	25,1	24,5	24,4	21,7

KVÁDR 2:

21,8	22,3	22,6	23,9	20,8	24,2
26,1	22,3	24,6	23,4	22,8	23,2

Obrázek 10.: Poloha vývrtů v kvádrech a jejich výsledná pevnost betonu v tlaku [MPa].

I zde není patrný velký rozptyl výsledků a není příliš velký rozdíl v tom, zda se vývrt nacházel v horní či dolní polovině kvádrů. Výsledné průměrné hodnoty včetně variačního součinitele jsou uvedeny v *Tabulce 5*. Beton s větším podílem hrubého kameniva vykazuje nižší hodnotu pevnosti v tlaku. Tento fakt bude opět způsoben právě vyšší mírou zastoupení hrubého kameniva na úkor ostatních složek.

Tabulka 5.: Výsledné průměrné hodnoty pevností v tlaku zjištěných na vývrtech včetně variačního součinitele.

kvádr 1		kvádr 2		kvádr 1+2	
$m_x =$	24,0	$m_x =$	22,6	$m_x =$	23,6
$s_x =$	1,47	$s_x =$	1,27	$s_x =$	1,47
$V_x =$	6,1	$V_x =$	5,6	$V_x =$	6,2

Na základě zjištěné hodnoty variačního koeficientu pevnosti v tlaku lze dle [5] opět konstatovat, že beton obou kvádrů je stejnorodý ($V_x \leq 12 \%$).

5. Závěr

Výsledky popsaného experimentu prokázaly, že použitý beton C20/25 je stejnorodý. Potvrdily to výsledky ultrazvukového měření i zjišťování pevnosti v tlaku.

Poděkování

Tento příspěvek vznikl za podpory projektu specifického vysokoškolského výzkumu FAST-J-12-1809 s názvem „Vliv zastavení hydratace betonu v různých stádiích zrání na jeho charakteristiky“.

Literatura

[1] POSPÍCHAL, O.; KOCÁB, D.; CIKRLE, P.; DANĚK, P.: Stanovení modulu pružnosti jádrových vývrtů betonu použitého pro hodnocení vlivu délky ošetřování na kvalitu betonu. In *Zkoušení a jakost ve stavebnictví 2012*. Brno, VUT v Brně, 2012.

- [2] ČSN 73 1371 Nedestruktivní zkoušení betonu – Ultrazvuková impulzová metoda zkoušení betonu. ÚNMZ, Praha, 2011.
- [3] ČSN EN 12504-1 Zkoušení betonu v konstrukcích - Část 1: Vývrty - Odběr, vyšetření a zkoušení v tlaku. ÚNMZ, Praha, 2009.
- [4] ČSN EN 12504-4 Zkoušení betonu - Část 4: Stanovení rychlosti šíření ultrazvukového impulsu. ČNI, Praha, 2005.
- [5] ČSN 73 2011 Nedestruktivní zkoušení betonových konstrukcí. ÚNMZ, Praha, 2012.

Kontakt

Ing. DALIBOR KOCÁB, tel: 00420 541 147 811, e-mail: kocab.d@fce.vutbr.cz, Ústav stavebního zkušebnictví, FAST VUT v Brně, Veveří 95, 602 00 Brno.

Ing. ONDŘEJ POSPÍCHAL, tel: 00420 541 147 811, e-mail: pospichal.o@fce.vutbr.cz, Ústav stavebního zkušebnictví, FAST VUT v Brně, Veveří 95, 602 00 Brno.

Ing. PETR CIKRLE, Ph.D., tel: 00420 541 147 814, e-mail: cikrle.p@fce.vutbr.cz, Ústav stavebního zkušebnictví, FAST VUT v Brně, Veveří 95, 602 00 Brno.

2. – 3. října 2012, FAST VUT v Brně

**STANOVENÍ MODULU PRUŽNOSTI JÁDROVÝCH
VÝVRTŮ BETONU POUŽITÉHO PRO
HODNOCENÍ VLIVU DÉLKY OŠETŘOVÁNÍ
NA KVALITU BETONU**

**ELASTIC MODULUS DETERMINATION OF CORES
OF CONCRETE USED FOR EVALUATION
OF INFLUENCE OF CURING TIME
ON FINAL CONCRETE QUALITY**

**Ondřej Pospíchal, Dalibor Kocáb,
Petr Cikrle, Petr Daněk**

Ústav stavebního zkušebnictví, FAST VUT v Brně

Anotace:

Tento příspěvek se zabývá stanovením modulu pružnosti betonu třídy C 20/25. Dynamický modul pružnosti byl určen ultrazvukovou a rezonanční metodou, další charakteristikou byl statický modul pružnosti v tlaku.

Annotation:

This article deals with the determination of the elastic modulus of concrete C 20/25. Authors determined dynamic modulus of elasticity (using the ultrasonic impulse method and the resonance method) and then the static modulus of elasticity in compression.

Klíčová slova: *Beton, modul pružnosti, ultrazvuková metoda, rezonanční metoda*

Keywords: *Concrete, modulus of elasticity, ultrasonic impulse method, resonance method*

1. Úvod

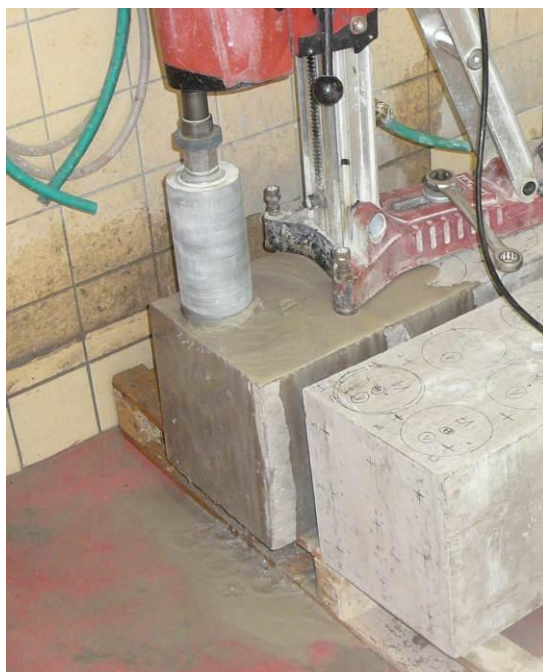
Příspěvek se zabývá stanovením modulu pružnosti betonu určeného pro rozsáhlé zkoušky ověřující vliv délky ošetřování na kvalitu betonu. Pro tyto účely byl použit beton třídy C 20/25.

Modul pružnosti byl stanoven na válcových zkušebních tělesech získaných pomocí jádrového vrtání. Stanoveny byly jednak dynamické moduly pružnosti pomocí ultrazvukové a rezonanční metody, dále pak statický modul pružnosti v tlaku.

Příspěvek navazuje na předchozí článek autorského kolektivu [1].

2. Všeobecné údaje

Pro tento experiment byly vybetonovány dva kvádry o rozměrech 300 x 300 x 900 mm, jejichž výroba a vlastnosti jsou popsány ve výše zmíněném článku [1]. Z každého z nich byla jádrovým vrtáním zhotovena sada 12 vývrtů o nominálním průměru 100 mm (viz *Obrázek 1.*), z nichž byla řezáním připravena zkušební tělesa.

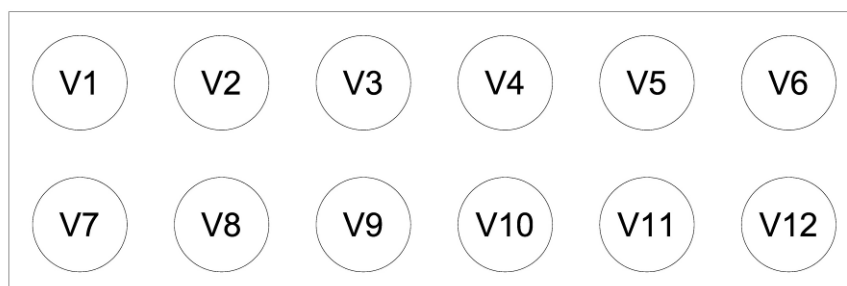


Obrázek 1.: Jádrové vrtání – odebrání 12 vývrtů z obou betonových kvádrů (celkem 24 vývrtů).

Betonové kvádry s odvrtanými vývrty a samostatné zkušební vzorky jsou na *Obrázku 2.*, označení zkušebních těles pak na *Obrázku 3.*



Obrázek 2.: Betonové kvádry s odvrtanými vývrty a samostatné zkušební vzorky.



Obrázek 3.: Pohled na stěnu kvádry – označení zkušebních těles.

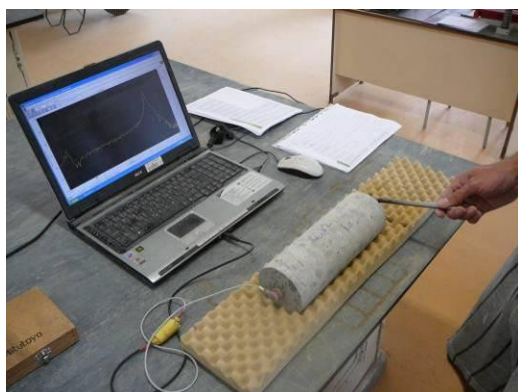
3. Provádění zkoušek

Po 28 dnech zrání betonu byla po hodnocení stejnorodosti betonu kvádrů (viz článek [1]) odebrána válcová tělesa a na nich nejprve stanoveny dynamické moduly pružnosti. Tato charakteristika byla zjišťována ultrazvukovou metodou (veličina E_{bu}) podle [2], dále pak také metodou rezonanční podle [3]. Při měření touto metodou bylo využito k vyčíslení modulu pružnosti vlastních frekvencí podélného kmitání (E_{brL}) a příčného kmitání (E_{brf}). Měření dynamických modulů pružnosti je zachyceno na *Obrázcích 4. až 6.*

Následně bylo na všech zkušebních tělesech provedeno měření statického modulu pružnosti v tlaku E_c podle [4] (viz *Obrázek 7.*).



Obrázek 4.: Měření dynamického modulu pružnosti ultrazvukovou metodou.



Obrázek 5.: Měření dynamického modulu pružnosti rezonanční metodou z vlastních frekvencí podélného kmitání.



Obrázek 6.: Měření dynamického modulu pružnosti rezonanční metodou z vlastních frekvencí příčného kmitání.



Obrázek 7.: Měření statického modulu pružnosti E_c .

4. Dosažené výsledky

V *Tabulkách 1. a 2.* níže jsou uvedeny průměrné hodnoty dynamických a statických modulů pružnosti včetně výběrových směrodatných odchylek výsledných hodnot pro obě sady válcových zkušebních těles získaných z betonových kvádrů 1 a 2.

Tabulka 1.: Průměrné hodnoty dynamických a statických modulů pružnosti pro válcová zkušební tělesa z betonového kvádru 1.

Vývrt	E_{bu} [MPa]	E_{brL} [MPa]	E_{brf} [MPa]	E_c [MPa]
1/V1	32 200	29 900	29 800	24 100
1/V2	30 700	29 000	28 600	23 500
1/V3	30 500	27 800	27 900	24 600
1/V4	31 300	29 200	28 800	23 800
1/V5	30 400	28 700	29 200	23 700
1/V6	30 300	28 000	27 900	22 300
1/V7	32 900	30 200	30 200	24 500
1/V8	34 500	30 500	30 800	24 300
1/V9	31 800	29 700	28 900	24 100
1/V10	32 100	29 300	28 400	24 700
1/V11	32 900	29 200	28 700	22 800
1/V12	32 000	29 200	28 700	22 900
průměr	31 800	29 200	29 000	23 800
sm. odch.	1 256	805	881	770

Tabulka 2.: Průměrné hodnoty dynamických a statických modulů pružnosti pro válcová zkušební tělesa z betonového kvádru 2.

Vývrt	E_{bu} [MPa]	E_{brL} [MPa]	E_{brf} [MPa]	E_c [MPa]
2/V1	33 800	30 700	30 300	23 200
2/V2	33 000	31 700	32 100	24 300
2/V3	34 100	30 000	28 900	25 600
2/V4	34 200	30 800	29 600	25 800
2/V5	33 600	31 100	30 600	24 000
2/V6	33 300	30 800	30 700	24 800
2/V7	35 500	31 700	30 700	24 900
2/V8	35 300	29 900	28 800	23 600
2/V9	32 600	30 000	29 400	23 400
2/V10	33 000	29 600	28 600	24 000
2/V11	33 600	30 500	30 300	24 900
2/V12	34 600	31 000	31 200	23 800
průměr	33 900	30 700	30 100	24 400
sm. odch.	904	682	1 061	843

5. Závěr

Měřením dynamických a statických modulů pružnosti byly zjištěny jen nepatrné rozdíly mezi vlastnostmi betonu z obou betonových kvádrů. Rozdíl ve statických modulech pružnosti byl v průměru pouze 0,6 GPa, rozdíly v dynamických modulech se pohybovaly od 1,1 GPa do 2,1 GPa (vliv kameniva). Stejnorodost celé záměsi betonu tak byla potvrzena.

Poděkování

Tento příspěvek byl vypracován za podpory projektu specifického vysokoškolského výzkumu FAST-J-12-1809 s názvem „Vliv zastavení hydratace betonu v různých stádiích zrání na jeho charakteristiky“.

Literatura

- [1] KOCÁB, D.; POSPÍCHAL, O.; CIKRLE, P.: Ověření stejnorodosti betonu použitého pro stanovení vlivu délky ošetřování na kvalitu betonu. In Zkoušení a jakost ve stavebnictví 2012. Brno, VUT v Brně, 2012.
- [2] ČSN 73 1371 Nedestruktivní zkoušení betonu – Ultrazvuková impulzová metoda zkoušení betonu. ÚNMZ, Praha, 2011.
- [3] ČSN 73 1372: Rezonanční metoda zkoušení betonu. ÚNM, Praha, 1981.
- [4] ČSN ISO 6784: Beton. Stanovení statického modulu pružnosti v tlaku. FÚNM, Praha, 1993.

Kontakt

Ing. ONDŘEJ POSPÍCHAL, tel: 00420 541 147 811, e-mail: pospichal.o@fce.vutbr.cz, Ústav stavebního zkušebnictví, FAST VUT v Brně, Veveří 95, 602 00 Brno.

Ing. DALIBOR KOCÁB, tel: 00420 541 147 811, e-mail: kocab.d@fce.vutbr.cz, Ústav stavebního zkušebnictví, FAST VUT v Brně, Veveří 95, 602 00 Brno.

Ing. PETR CIKRLE, Ph.D., tel: 00420 541 147 814, e-mail: cikrle.p@fce.vutbr.cz, Ústav stavebního zkušebnictví, FAST VUT v Brně, Veveří 95, 602 00 Brno.

Ing. PETR DANĚK, Ph.D., tel: 00420 541 147 492, e-mail: danek.p@fce.vutbr.cz, Ústav stavebního zkušebnictví, FAST VUT v Brně, Veveří 95, 602 00 Brno.

ÚNOSNOSTĚ A CHARAKTERISTIKY POUŽITELNOSTI ZOSILNENÝCH ŽELEZOBETONOVÝCH LINEÁRNÝCH PRVKOV

CARRYING CAPACITY AND SERVICEABILITY CHARACTERISTICS OF STRENGTHENED REINFORCED CONCRETE LINEAR ELEMENTS

**Martin Križma¹, Martin Moravčík²,
Jaromír Petržala¹, František Bahleda²**

¹ Ústav stavebnictva architektúry SAV,
² Stavebná fakulta ŽU v Žiline,

Anotácia:

V príspevku uvádzame analýzu poškodených a následne zosilnených prvkov, zosilnenie – spriahovacia doska, resp. GFRP – rohože. Pre spevnené a nespevnené prvky porovnanie hodnôt pre únosnosť a charakteristiky použiteľnosti.

Annotation:

We present the analysis of the damaged and consequently strengthened elements (by a coupling slab or GFRP sheets) in the contribution. There is the comparison of the carrying capacity values and serviceability characteristics for the strengthened and non-strengthened elements.

Kľúčové slová: *Betónové konštrukcie, lineárne prvky, zosilňovanie, spriahovacia doska, GFRP-rohože, únosnosť a pretvorenia*

Keywords: *Concrete structures, linear elements, strengthening, coupling slab, GFRP sheets, carrying capacity, strains*

1. Introduction

A loading history change of civil engineering objects and also an enhancement of a traffic volume on bridge constructions form the frequent reasons for the bearing structures strengthening. It concerns mainly linear bearing elements. Since the year 2009, we deal with the theoretic-experimental research focused on repair of reinforced concrete linear elements with an articulated cross-section by a strengthening within the cooperation of Institute of Construction and Architecture of Slovak Academy of Sciences (ICA SAS) in Bratislava and Faculty of Civil Engineering of University of Zilina (FCE UZ). The testing program is divided into the two parts:

- short-term tests of original and strengthened elements focused on the limit states of carrying capacity and serviceability,
- long-term tests and tests at a repeated loading of elements focused mainly on a theoretic and experimental analysis of the interaction between a concrete structure and strengthening elements at a long-term load.

The first part of the tests was finished. The second one is in progress in the present time and the results will be presented in some particular contribution. At the both parts, we have aimed at the following strengthening of elements:

- the strengthening by an overconcreted coupling slab,
- the strengthening by an overconcreted coupling slab together with the application of GFRP sheets in the area of shear centers.

According to the research subject matter, the testing elements were loaded by a stationary, gradually increasing or a simulated increasing moving load in the primary phase [1]. The experimental research focused on an enhancement of a carrying capacity, ductility and an energy absorption ability of the damaged reinforced beams strengthened by a sprayed fibre reinforced concrete (FRC) is presented, e.g., in [2]. The usual technique of a strengthening of structures at which a moving load prevails is the strengthening by the overconcreted coupling slab - [3], [4]. The partial results obtained in the first part are introduced in [5]. An amount of interesting partial tasks appeared at the issue solving. In our case, we focused attention to the influence of a type of the contact – slab/damaged beam on the both limit states [6] and to the influence of an application technique (including anchoring) of GFRP sheets on a carrying capacity of the testing elements.

2. Experimental program

2.1. Geometric, reinforcing and material characteristics of testing elements

Geometric and reinforcing characteristics of the damaged and consequently strengthened beam are in Fig. 1.

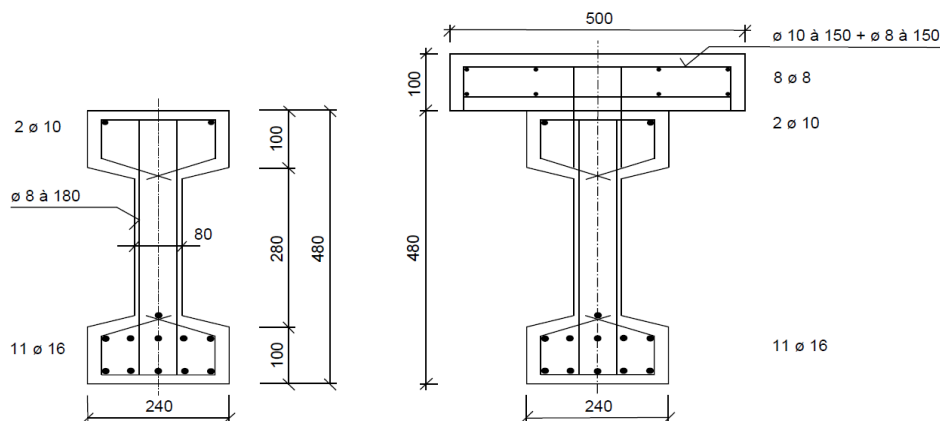


Figure 1.: Geometric and reinforcing characteristics of non-strengthened/strengthened beam.

The dimensionless shear correction coefficient χ , which depends on a shape of a cross-section, has the value $\chi = 1.875$ for the non-strengthened I-beam and $\chi = 2.173$ for the strengthened I-beam. Working characteristics of the concrete are presented in Tab.1.

The used concrete reinforcement was defined by these average working (material) characteristics – yield strength $f_{st} = 577$ MPa, limit of strength $f_{su} = 724$ MPa, modulus of elasticity $E_s = 200$ GPa.

According to Tab. 1, the first four beams were non-strengthened and they formed a group of reference beams (RB). Two of them were statically loaded (S), the other two were loaded by a moving load (M). The numerical data in the beams designation are the tests dates. The tests served for determination of experimental value F_{max} .

The other beams were strengthened by the coupling slab (SS). The beams with the designation SSF were strengthened by the coupling slab and moreover by GFRP sheets. Material characteristics of GFRP sheets can be found in „Technological instruction” of the strengthening system

TYFO of the company BETOSAN, Inc., Praha [7]. The beam with the designation PP was strengthened but it was not loaded in the first part of the test.

Table 1.: Average values for the cube strength f_{cc} , flexural strength $f_{ct,f}$, Young's modulus of elasticity E_c , maximum test force F_{max} .

Designation of beams	Beam			Strengthened slab			F_{max} (kN)
	f_{cc} (MPa)	$f_{ct,f}$ (MPa)	E_c (GPa)	f_{cc} (MPa)	$f_{ct,f}$ (MPa)	E_c (GPa)	
S-RB-040909	59.98	6.31	38.39	-	-	-	552
S-RB-111109	57.86	5.56	36.41	-	-	-	520
M-RB-210310	53.89	6.59	35.24	-	-	-	506
M-RB-070610	62.18	6.31	39.66	-	-	-	502
S-SS-200710	59.87	5.98	39.53	61.22	6.00	41.13	680
S-SS-080910	62.47	6.72	39.733	61.44	6.83	40.00	670
M-SS-261010	60.69	6.61	40.122	63.85	7.32	41.82	695
M-SS-250711	60.19	6.23	39.733	54.10	5.16	50.61	714
PP-SS-260511	62.47	6.72	39.612	58.90	6.88	39.69	710
S-SSF-211111	59.13	5.70	40.132	62.63	4.52	41.41	750
S-SSF-140911	54.70	4.66	39.212	67.56	5.01	40.13	749

2.2. Description of experiments

As it has been already mentioned, the reference beams S-RB and M-RB served for determination of the maximal loading force F_{max} at the both loading regimes. The obtained values of F_{max} formed the input values for loading parameters of the second part of the tests – strengthened beams. An important ascertainment is that a simulated moving load has a relevant influence on the serviceability limit states but its influence on a carrying capacity is negligible.

The tests of the strengthened beams consisted of two phases. In the first phase, the beams were loaded up to the load level $\gamma = 0.75$, consequently, they were introduced to the position corresponding to the initial deflection w . In that position, the beams were strengthened and transferred to the second loading path. The coupling reinforcement and the bearing reinforcement of the slab correspond to Fig. 1.

During the tests (both phases), we were recording the characteristics of the cracks development process and the strains of concrete ε_c measured on the bases on the both flanges and on the bases corresponding to the diagonal tension and compression. These values formed the input data for separation of a bending moments action and a shearing forces action on corresponding deflections w_{fl} and w_{sh} . Total deflections are $w_{tot} = w_{fl} + w_{sh}$. The direct measurement of the central deflection and the deflections over supports was the matter of course. The comparison of the beams according to the internal energy W was also performed on the basis of the concrete strains measurement.

2.3. Experimental results

The resultant pattern of the cracks development for the non-strengthened beams, which correspond to the load level $\gamma = 0.75$ (a moving load in given case), is depicted in Fig. 2a.

A flexural tension failure of the upper flange occurs in the middle of the span for both kind of loading. In the case of beams strengthened by the coupling slab, a shear failure of the webs occurs roughly in the middle of the shear span – Fig. 2b. The similar statement holds also for the beams SSF – Fig. 2c. The way of strengthening by the system TYFO (GFRP sheets) is also clear from Fig. 2c.

The average value of the maximum force F_{max} obtained at the tests of the reference beams is $F_{max} = 520$ kN. For the SS beams, it is $F_{max} = 694$ kN (an increment 33 %) and $F_{max} = 750$ kN (an increment 44 %) for the SSF beams. The introduced values document the influence of the strengthening techniques on the limit loading forces. The strengthening by GFRP sheets is only testing for now and it will be consequently specified.

We focused mainly on deflections at the limit states of the second group. We will return to characteristics of the cracks development process in a single contribution.

At the load level $\gamma = 0.5$, the ratio $\alpha = w_{sh}/w_{tot} = 24$ % for the non-strengthened beams and $\alpha = 43$ % for the strengthened ones. The deflection values $w(i)$ for given SS beams are depicted in Fig. 3.

The deflections for the SSF beams ($i = 1, 2$) are in Fig. 4. Fig. 4a defines a difference of the partial and total deflections for the non-strengthened and strengthened SSF beams. Fig. 4b defines a tests accuracy.

2. – 3. října 2012, FAST VUT v Brně

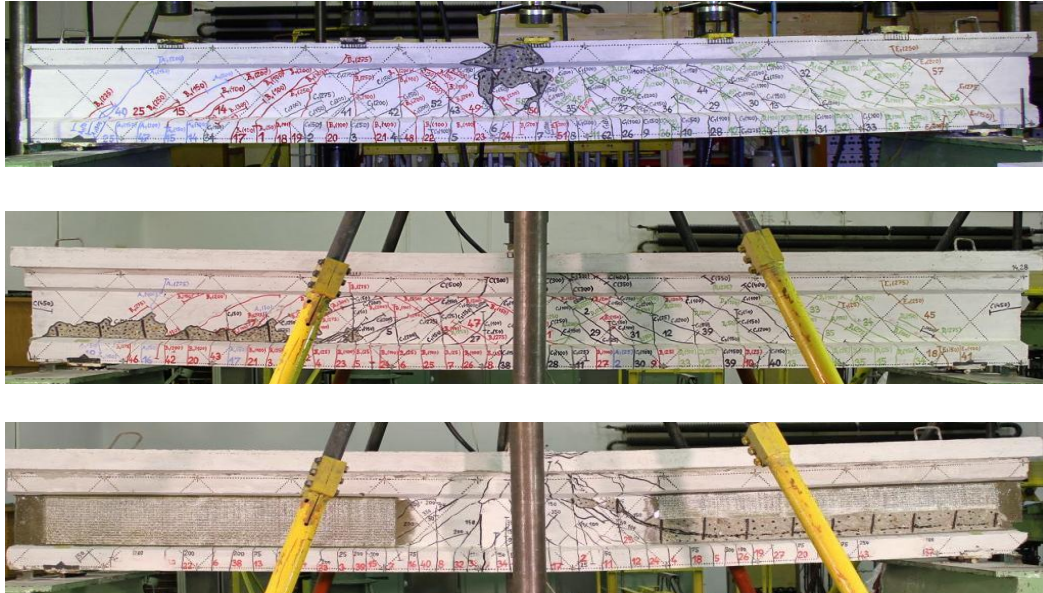


Figure 2. Way of failure – a) non-strengthened beam S/M – RB, b) strengthened beams S/M/PP – SS, c) S - SSF.

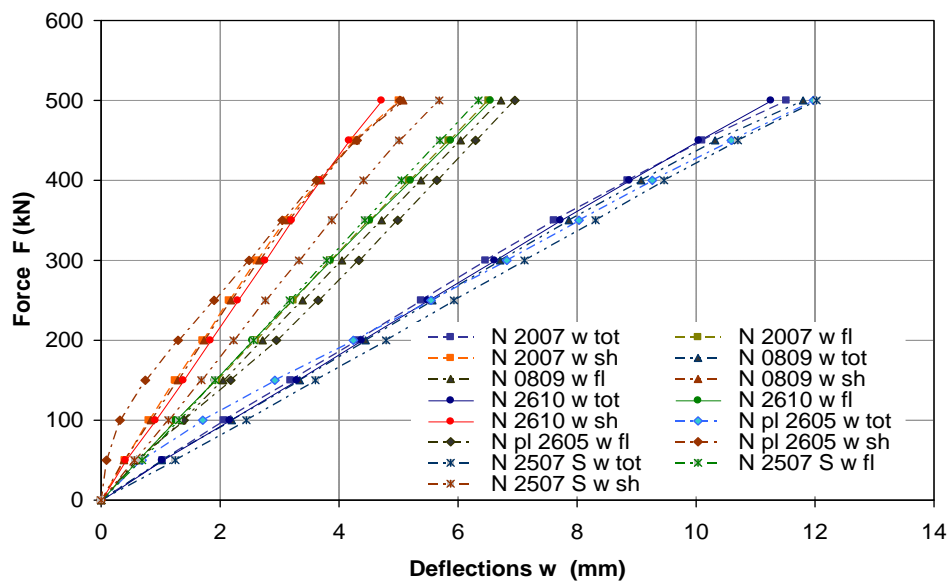


Figure 3.: Relation deflection $w(w_{fl}, w_{sh}, w_{tot})$ vs loading force F for the strengthened SS beams.

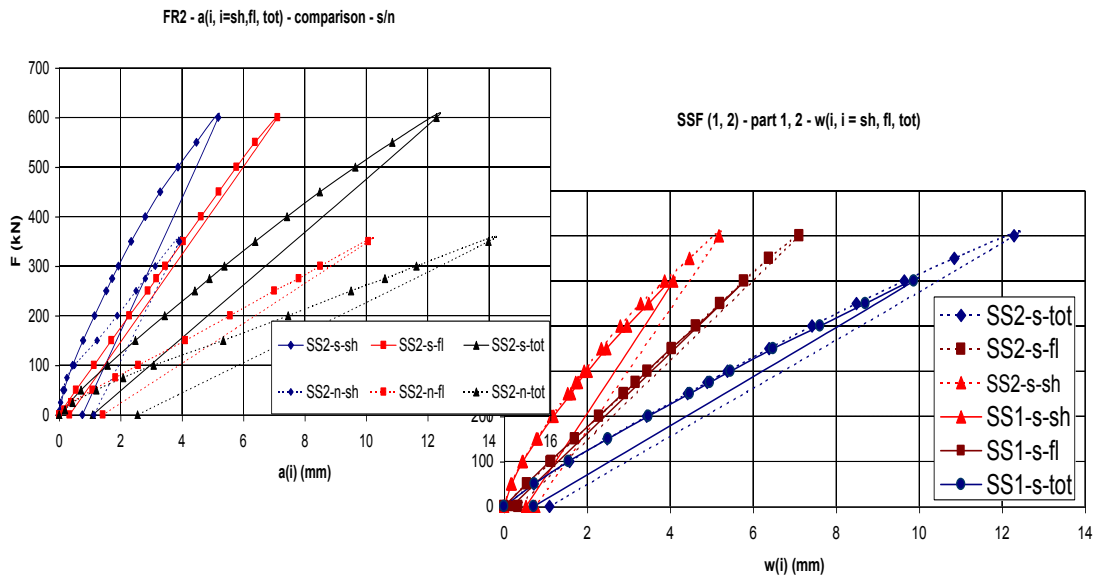


Figure 4.: Strengthened beams SSF with GFRP sheets – a) deflections $w(i)$ for the strengthened and non-strengthened beams, b) comparison of deflections of the both strengthened SSF beams.

3. Conclusions

At the non-strengthened beams (loading type S and M), a deformation zone was in the middle of tension. In consequence of the strengthening by the coupling slab, this zone displaced roughly into the middle of the shear span and the failure occurred in the beams webs.

The moving load has no influence on the carrying capacity of the beams. It concerns all the tested beams. But the moving load affects the characteristics defining the limit states of the second group – the characteristics of the cracks development and deflections.

At the load level $\gamma = 0.5$, the ratio $\alpha = w_{sh}/w_{tot} = 24\%$ for the non-strengthened beams and $\alpha = 43\%$ for the strengthened beams.

We will return to an evaluation of the beams of the both groups according to the strain work in a single complex contribution. The numerical modelling of the failure can be found, e.g., in [5].

Acknowledgement

This paper has been supported by the Grant Agency (grant No. 2/0143/12).

References

- [1] Nürnbergerová, T.; Križma, M.; Hájek, J.; Bolha, Ľ.: Tests of RC beams under moving load - evaluation of deformation work. *Construction and Building Materials* 12. 1998. p. 447-452.
- [2] Lee, H. K.; Hausmann, L. R.: Structural repair and strengthening of damaged RC beams with sprayed FRP. *Composite Structures* 63. 2004. p. 201–209.
- [3] Zordan, T.; Briseghella, B.: Attainment of an Integral Abutment Bridge through the Refurbishment of a Simply Supported Structure. *Structural Engineering International*, 17(13). 2007. p. 228 - 234.
- [4] Blinkov, L.; Cosolo, E.; Valiev, S.N.: (2001) Rehabilitation of the Matsesta River Bridge, Russian Fed. *Structural Engineering International*, 11(3). 2001. p. 181 - 183.
- [5] Moravčík, M.; Križma, M.; Petržala, J.; Bahleda, F.: Numerical – experimental study of strengthening of concrete structures. In *Proceedings of 7th seminar on Repair of Concrete Structures*. CC SAS Smolenice, CEF SUT Bratislava, ARCS at SACE. 2011. p. 137 – 142. ISBN 978-80-8076-095-3 (in Slovak).
- [6] Kovačovic, M.; Križma, M.: Shear resistance between concrete surfaces cast in different time. In *Concrete days, 2012*. Hradec Králové, Czech Republic. 2012. (in press).
- [7] Technological instruction for application of composite fabrics, Strengthening system BETOSAN TYFO, BETOSAN s. r. o. Praha, Czech Republic (in Czech).

Contact

Ing. MARTIN KRIŽMA., PhD., tel. 0421 02 59309 228, e-mail: usarkrim@savba.sk, ICA SAS, Dúbravská cesta 9, 845 03 Bratislava, Slovakia.

K RELEVANTNÝM MECHANICKÝM VLASTNOSTIAM CEMENTOVÝCH KOMPOZITOV S ROZPTÝLENOU OCEĽOVOU VÝSTUŽOU

ON RELEVANT MECHANICAL PROPERTIES OF CEMENT COMPOSITES WITH DISPERSED STEEL REINFORCEMENT

Jaromír Petržala¹, Martin Križma¹,
Ľubica Pišťanská², Marek Kovačovic¹

¹Ústav stavebníctva a architektúry SAV,
²Holcim (Slovensko), a. s.

Anotácia:

Prezentujú sa vybrané výsledky výskumu kompozitov s obsahom rozptýlenej výstuže, ktoré boli na Ústave stavebníctva a architektúry SAV v Bratislave (ÚSTARCH) dosiahnuté od r. 1994. Nosnou témou sú výsledky spolupráce ÚSTARCH SAV/Holcim Slovensko, a.s. pri skúškach kompozitu „STEELPACT“ ako náhrady za kari siete, resp. inej výstuže.

Annotation:

The selected results of research of composites with dispersed reinforcement obtained in ICA SAS Bratislava since the year 1994 are presented. The main topic consists of the results of the ICA SAS/Holcim Slovakia, Inc., cooperation at the tests of the composite "STEELPACT" as an alternative to a welded wire mesh or another reinforcement.

Kľúčové slová: *Cementový kompozit, rozptýlená výstuž, mechanické vlastnosti, pevnosť v ťahu za ohybu, roztvorenie trhliny*

Keywords: *Cement composite, dispersed reinforcement, mechanical properties, flexural tensile strength, CMOD*

1. Introduction

Fibre reinforced concretes (FRC) with content of dispersed reinforcement with enhanced working characteristics in tension are used mainly in structures where requirements of a limit state of formation and width of cracks are decisive for their application. Moreover, these structures are able to carry a certain value of stress at a specified cracks development – the so-called bridging effect. They are predetermined for the specific utilization as storage containers, tanks and other structures at the minimalization of deteriorative effects of the storage materials on the environment. The specific one is the application of steel fibre reinforced concretes (SFRC) in the traffic structural engineering. They are used mainly as the structural and insulating layer of linings in the form of a „wet“ or „dry“ spray for the line underground constructions (adits, tunnels etc.).

The area of the utilization of SFRC composites in civil engineering still grows. The examples of the utilization at the realization of foundation belts of unpretending objects and also at the realization of industrial floors are introduced in paper [1]. This type of SFRC is marked by its manufacturer as STEELPACT – a reinforced ready-mix concrete. We will deal just with this composite in the contribution. We are concerned with the issue of SFRC composites in the long term in ICA SAS. After an initial material research – e.g. [2], the tests of linear structural elements with SFRC were performed. The results are, e.g., in [3]. The tests were performed in the *soft loading regime* - a loading force as a control quantity. The tests in the *hard loading regime* – a strain as a control quantity – were performed at the verification of SFRC composites from sprayed concrete - [4]. In the given case, the deflection was a control quantity. This contribution is the continuation of these hard loading regime tests – the crack mouth opening displacement in the position of the artificial notch was a control quantity at the tests, see [5]. There is a lot of contributions dealing with relevant mechanical properties of composites with dispersed steel reinforcement. For our realizations, the methods according to [6], [7], [8] and the standards mentioned below proved competent.

2. Experimental program

2.1. Identification of testing mixtures

For determination of relevant mechanical properties of SFRC in flexural tension, we examined 16 testing groups. Each group contained 3 specimens. The specimens had been prepared in laboratories of Holcim Slovakia company in Rohožník. ICA SAS focused on the realization and evaluation of the specific tests. The subject and the extent of the testing program is evident from Tab. 1. The mixtures denotation corresponds to [9]. The steel fibre Dramix of the type RC 80/60/BN was used in all cases. The table is supplemented by the values of F_{lop} – limit of proportionality, according to [10], which can approve/contradict a dispersion of results around the agreed maxima.

Table 1.: Identification of the concrete mixture, F_{lop} – limit of proportionality

S.N.	Groupe	Identification of the concrete mixtures	Content of fibers (kg.m ⁻³)	F_{lop} (kN)
1	H3 - J	C12/15 - X0 (SK) - CI 0,4 - D _{max} 16-S3	10	10,812
2	H3 - K	C12/15 - X0 (SK) - CI 0,4 - D _{max} 16-S3	10	11,611
3	H4 - E	C16/20 - X0 (SK) - CI 0,4 - D _{max} 16-S3	10	15,082
4	H4 - C	C20/25 - XC1 (SK) - CI 0,2 - D _{max} 16-S3	20	11,730
5	H4 - D	C20/25 - XC1 (SK) - CI 0,2 - D _{max} 16-S3	24	13,821
6	H2 - C	C20/25 - XC1 (SK) - CI 0,2 - D _{max} 16-S4	16	13,655
7	H3 - E	C20/25 - XC1 (SK) - CI 0,2 - D _{max} 16-S4	20	15,080
8	H2 - D	C20/25 - XC1 (SK) - CI 0,2 - D _{max} 16-S4	24	14,291
9	H3 - I	C25/30 - XC3 (SK) - CI 0,2 - D _{max} 16-S4	20	11,761
10	H1 - A	C25/30 - XC3,XA2(SK) CI 0,2 - D _{max} 16-S3, max. penetration 50mm, (STN EN 12390-8)	20	13,442
11	H3 - F	C25/30 - XC3 (SK) - CI 0,2 - D _{max} 16-S4	16	14,214
12	H3 - G	C25/30 - XC3 (SK) - CI 0,2 - D _{max} 16-S4	20	14,193
13	H3 - H	C25/30 - XC3 (SK) - CI 0,2 - D _{max} 16-S4	24	14,798
14	H4 - B	C25/30 - XC3 (SK) - CI 0,2 - D _{max} 16-S3	22	13,897
15	H4 - A	C25/30 - XC3 (SK) - CI 0,2 - D _{max} 16-S3	24	13,436
16	H1 - B	C30/37 - XC3,XD2,XA1(SK) - D _{max} 16-S3, max. penetration 50mm	10	10,898

2.2. Background of tests

The tensile bending tests were realized according to STN EN 14651 [10]. They were performed on the loading machine TIRA – test 2300 – the 100 kN dynamometer was used and the linear opto-electronic sensor was used as a controlling one – Fig. 1. At the first three groups, values of deflections and strains were also measured in the zone of the notch by the inductive sensors with the basis $l_m = 200$ mm. This enables to verify the relations for both testing methods according to the introduced standard.

The testing elements were the prisms (150 x 150 x 600) mm with an artificial notch. The tests were three-point tests with the theoretical span $l_t = 500$ mm performed in a hard regime. The standard [10] specifies two methods – either a deflection or a *crack mouth opening displacement* (CMOD) as a controlling quantity. In our case, the second case was performed. The aim of the tests is to determine the loading forces F_L (at LOP), $F_{R,j}$ at CMOD - ($j = 0.5 ; 1.5 ; 2.5 ; 3.5$) mm and corresponding flexural stresses f . F_L is defined as a maximal value of loading force F_{max} (if CMOD < 0.05 mm) or $F_L = F_{0.05}$ in other cases. The observation of a fibres distribution on the breaking surface after the testing was not made.



Figure 1.: Testing apparatus – a) loading apparatus, b) testing specimen, c) detail of measuring sensors.

The aim of the contribution is to point out some particularities of the tests – the normative and testing background - and also the behaviour of the elements with SFR – an influence of a fibre content on values

of the residual flexural tensile strength $f(R,j)$ and on a character of working diagrams F vs CMOD.

2.3. Experimental results

It is clear from Tab. 1 that the influence of a fibre content in a composite on flexural tensile strength s can be verified for the composites C20/25 – groups H2-C, H3-E, H2-D – and C25/30 – H3-F, H3-G, H3-H (the first two symbols are the expertise denotation, the third one corresponds to the testing group). As we can see in Fig. 2, the higher fiber content has the positive influence on the residual flexural tensile strengths. But we have to notice that there were performed only three tests for every group so the results have only an informative character. The higher count of the tests should affirm the presented statement.

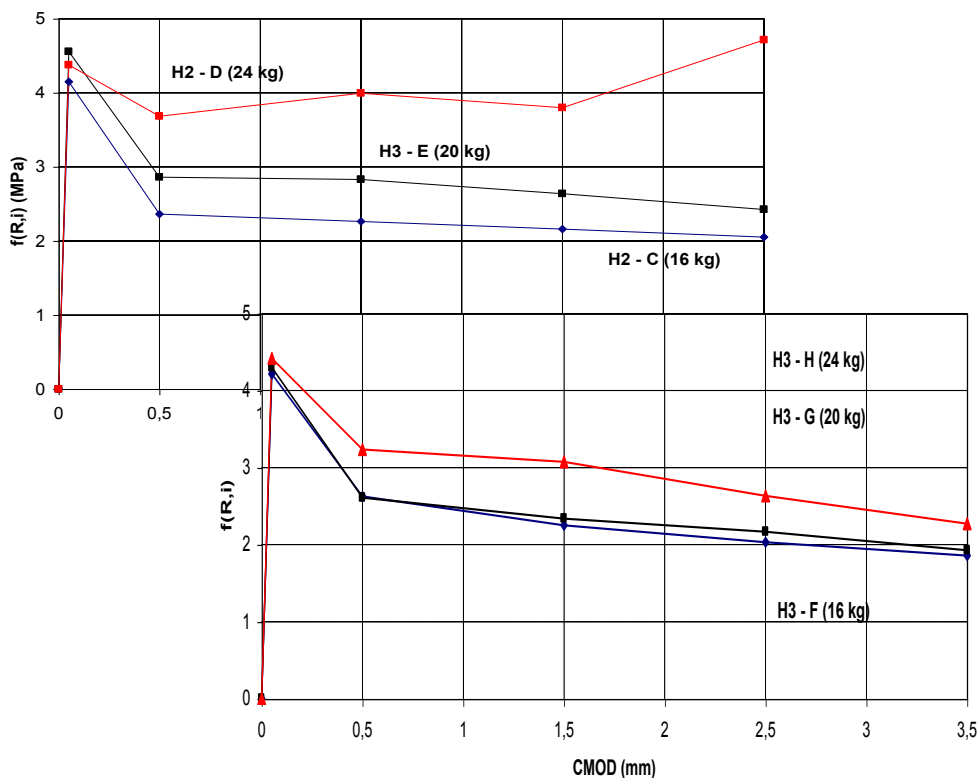


Figure 2.: Average values of $f(R, j)$ vs CMOD for selected loading groups – a) C20/25, b) C25/30.

Simultaneously, the influence of a fiber content on a character of working diagrams was examined. We focused mainly on the groups with the fiber content $10 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ and $24 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$.

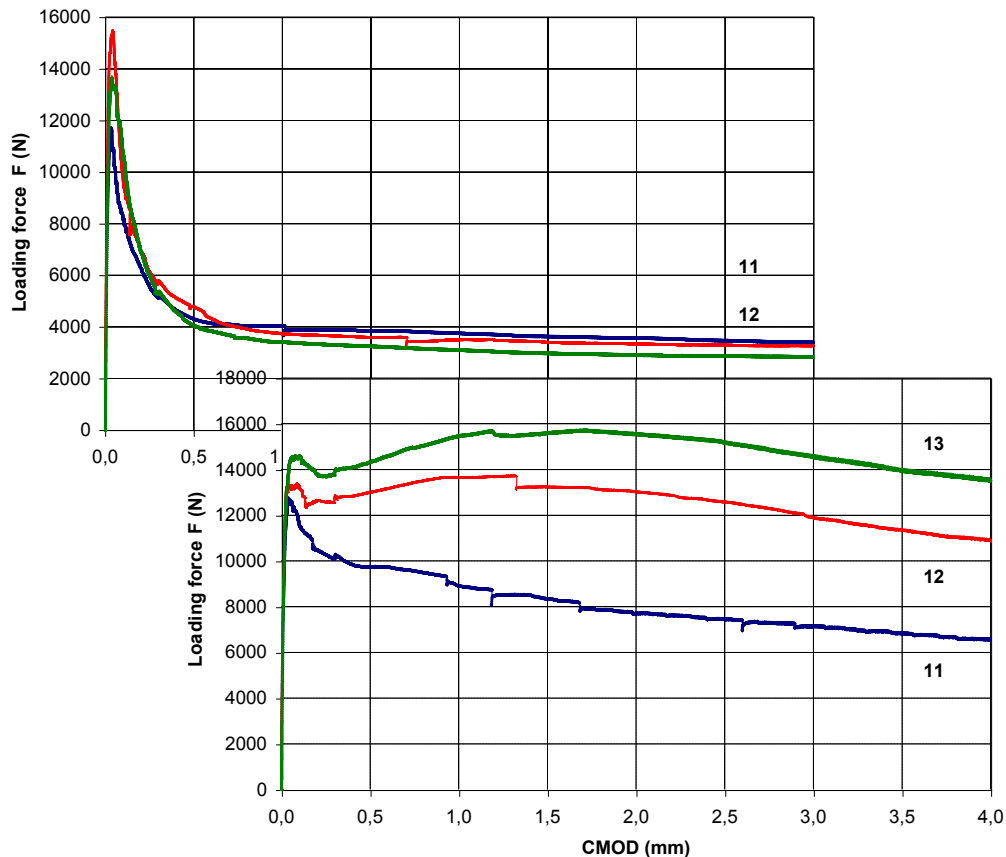


Figure 3.: Characteristic working diagrams for the composites with the different fibre content – a) $10 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ (H4-E), b) $24 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ (H4-A).

Both the working diagrams of the testing groups confirm that the dispersion of the values in the F_{LOP} occurrence vicinity is in the usual limits – until the fiber activation does not appear. The most of the results for the lower fiber content (e.g. H4-E) shows the relatively small dispersion of the values in the descending part of the working diagrams. An important statement – the curves have the similar character. On the contrary, the most of the results for the higher fiber content (e.g. H4-A) shows the relatively large dispersion of the values for higher CMOD and, what is important, the curves have the different character. It means that the conditions for the determination of F_{LOP} are different too.

Consequently, the average values for all determined stresses at given CMODs can be garbled. This fact confirms the necessity of more specimens at the tests and also the analysis of a fibres distribution on the breaking surface after the testing should be done in relevant cases.

3. Conclusions

The tests for determination of the flexural tensile strength according to STN EN 14651 are relatively difficult. It concerns a testing and software equipment. On the other side, they offer to users the exact values for design.

The results achieved from the tests on the STEELPACT specimens confirm the known fact about the positive influence of the fibre count on the residual flexural tensile strengths. On the other side, the fibre count affects the character of working diagrams – Is it the question of the composite preparation? The results hint to enhance the count of the specimens at least to 6 and to analyse the fibre distribution on the breaking surface after the testing.

Acknowledgement

The authors would like to thank to Slovak Grant Agency VEGA for its support towards this work (Grants No. 2/0143/12).

Literature

- [1] PIŠŤANSKÁ, Ľ.: STEELPACT – reinforced ready-mix concrete. In: Stavebné hmoty, Ročník 5, č. 5-6/2009, ss. 46 – 47.
- [2] NURNBERGEROVÁ, T. – BABÁL, B. – KOMLOŠ, K. – JANOTKA, I.: Strain Properties of Fibre Reinforced Cooncrete. In: First Slovak Conference on Concrete Structures. Theme A: New Materials, Concrete Technology, Structures, Bratislava, 13. - 14. 9. 1994, STU, Faculty of Civil Engineering, p. 36 - 45 , 1994.
- [3] HANEČKA, Š. - KRÍŽMA, M. - RAVINGER, J. - SHAWKAT, S.: Contribution to Limit State of the Second Group of Beam Subjected to Moving Load. In: First Slovak Conference on Concrete Structures. Theme

B: New Trends in Prestressed Concrete, Bratislava, 13. - 14. 9. 1994, STU, Faculty of Civil Engineering, pp. 275 - 283 , 1994.

[4] KRÍŽMA, M. – JERGA, J. – ROJKO, Ľ. – CHVÍĽA, M.: Deformation Properties of Sprayed Concrete. In: Proceedings of 5th International Conference on Static-Structural and Building-Physical Problems in Civil Engineering. Tatranská Lomnica, 26. - 28. 11. 2003, pp. 179 - 186. CEF TU Košice, November 2003, ISBN 80-232-0221-9.

[5] KRÍŽMA, M.: Determination of flexural tensile strength of testing elements with content of dispersed steel reinforcement according to STN EN 14651. Expert's reports of the tasks H1 – H4 for Holcim Slovakia, Inc., Rohožník, ICA SAS Bratislava, June - August 2010.

[6] VANDEWALLE – M.: Tunneling in the World, n. v. BEKAERT S.A., Zwevegem, Belgium, Seventh Edition 2001.

[7] SYKOROVA, K.: Contribution to Evaluation of the High Performance Fibre Reinforced Concrete Fracture Mechanics. Dissertation, FCE of STU Bratislava, June 2003.

[8] HUDOBA, I.: Vysokohodnotný betón. Materiály, vlastnosti, výroba, využitie. STU v Bratislave, 2008. ISBN 978-80-227-2836-2.

[9] STN EN 206 – 1: Concrete. Part 1: Specification, performance, production and conformity. SÚTN Bratislava, 2002.

[10] STN EN 14651: Test Method for Metallic Fibered Concrete – Measuring the Flexural Tensile Strength (Limit of Proportionality (LOP), Residual). CEN, Ref. No. EN 14651: 2005:E, 2008.

Contact

Mgr. JAROMÍR PETRŽALA, Ph.D., tel: 00421 02 59309-227, e-mail: jaromir.petrzala@savba.sk, Institute of Construction and Architecture SAS, Dúbravská cesta 9, 845 03 Bratislava, Slovakia.

Ing. ĽUBICA PIŠŤANSKÁ, tel: 00421 02 53413034, e-mail: lubica.pistanska@holcim.com, Holcim Slovakia, Inc., 906 38 Rohožník, Slovakia

VÝSLEDKY ZKOUŠEK KLENÁKŮ VYROBENÝCH Z VLÁKNOBETONU A KLASICKÉHO ŽELEZOBETONU

RESULTS OF TESTING KEY SEGMENTS DESIGN FROM STRUCTURAL STEEL FIBRE REINFORCED CONCRETE (SFRC) AND ORDINARY REINFORCED CONCRETE (RC)

Václav Ráček, Jan Vodička, Jiří Krátký

Katedra betonových a zděných konstrukcí
Fakulta stavební ČVUT v Praze

Anotace:

V příspěvku budou uvedeny výsledky testování závěrečného klenáku segmentového ostění na tlak, které rozhodují o únosnosti prvků ostění. Popsány budou i pevnostní charakteristiky zkoušených vláknobetonových segmentů. Vláknobetonový klenák s navrženou hmotnostní dávkou 50 kg/m³ byl porovnáván s klasickým železobetonovým klenákem.

Annotation:

The paper is focused on the results of testing of a key segment of the tunnel lining, which is important for the capacity of the tunnel lining itself. Strength parameters of the designed structural steel fibre reinforced concrete (SFRC) element are described. SFRC key segment with fibres dosages 50 kg/m³ are compared with ordinary RC key segment.

Klíčová slova: Závěrečný klenák, vláknobeton, pevnostní charakteristiky
Keywords: Key segment, SFRC, strength parameters

1. Úvod

Záměna konstrukčního železobetonu za konstrukční prostý vláknobeton při realizaci vhodně vytipované betonové konstrukce nesporně vede k řadě výhod. Všechny výhody jsou dány vlastnostmi vláknobetonu a to jak pevnostními, a to především, tak vlastnostmi přetvárnými.

Za vhodně vytipovanou konstrukci pro aplikaci vláknobetonu lze považovat nosná prefabrikovaná ostění tunelových staveb. Namáhání prefabrikovaných prvků (segmentů), zejména při montáži ostění, vede často u prvků vyztužených betonářskou výztuží k mechanickému porušení styčných ploch. Užitím vláknobetonu lze porušení styčných ploch zabránit, což je jedna z velkých výhod při záměně konstrukčních materiálů.

Cílem příspěvku je interpretace prozatím zjištěných výsledků z experimentálních zkoušek segmentu ostění (klenáku) vyrobeného z prostého vláknobetonu, které jsou porovnány s výsledky zkoušek stejného prvku vyrobeného z konstrukčního betonu při vyztužení betonářskou výztuží. Příspěvek se zaměřuje i na vyhodnocení první etapy průkazních zkoušek, které předcházely samotné výrobě klenáku z vláknobetonu.

Výsledná hmotnostní dávka ocelových vláken (drátků) 50 kg/m^3 i vybraný typ drátků (Dramix) byl volen z důvodu dosažení houževnatosti prvku proti mechanickému poškození segmentů při transportu, montáži ostění, zejména ale s ohledem na danou tloušťku segmentů 250 mm a samotnou ekonomičnost návrhu požadovanou ze strany investora.

2. Vyhodnocení průkazních zkoušek

V rámci výzkumu byla vyrobena zkušební tělesa s hmotnostní dávkou ocelových vláken (drátků) 50 kg/m^3 a 70 kg/m^3 vybraných výrobců Tritreg a Dramix. Tělesa byla následně odzkoušena po uplynutí doby 28 dní. V první fázi bylo nadávkováno 70 kg/m^3 drátků obou výrobců. Bylo prokázáno, že při stejném množství dávky drátků, tedy při 70 kg/m^3 , dosahuje mírně vyšších pevností vláknobetonová směs s vlákny DRAMIX RC-80/60-BN od firmy Bekaert.

V další fázi proto byly použity pouze drátky tohoto výrobce, avšak bylo upraveno množství drátků a to tak, že bylo sníženo na 50 kg/m^3 . Důvodem k tomuto snížení bylo finanční omezení ze strany investora.

Zkoušky jednotlivých prvků byly provedeny několika nezávislými zkušebnami – laboratoří Kloknerova ústavu ČVUT, Experimentálním

centrem fakulty stavební ČVUT, laboratoří stavebních hmot VŠB-TU v Ostravě a laboratoří Betotech, s.r.o.
Výsledky pevnostních tříd dle příslušné hmotnostní dávky jsou uvedeny v tabulce 1.

Tabulka 1.: Pevnostní třídy dle hmotnostní dávky a výrobce

Hmotnostní dávka	Výrobce	Pevnostní třídy
70 kg/m ³	TRI-TREG	FC 55/60-3,4/0,6
	DRAMIX	FC 60/67-4,1/0,6
50 kg/m ³	DRAMIX	FC 55/60-3,1/1,2

Zatřídění vzorků není rovnocenné, neboť hmotnostní dávka se 70 kg/m³ byla stanovena ze 6 vzorků a hmotnostní dávka s 50 kg/m³ pouze ze 3 vzorků.

3. Výroba závěrečného klenáku



Obrázek 1.: Pohled do formy při betonování vláknobet. klenáku



Obrázek 2.: Odbedněný vláknobetonový klenák

Závěrečný klenák vyrobený v klasickém provedení – tj. s vázanou výztuží je standardně vyráběn ve výrobně Prefa Senec SK. Na základě toho byla i varianta vláknobetonového klenáku vyráběna právě zde. Díky tomuto opatření bylo možno vzájemné varianty velice snadno porovnat, neboť byl použit stejný technologický postup, ale i stejné kamenivo, či další složky.

3. Zatěžovací zkoušky

3.1. Uspořádání zatěžovací zkoušky

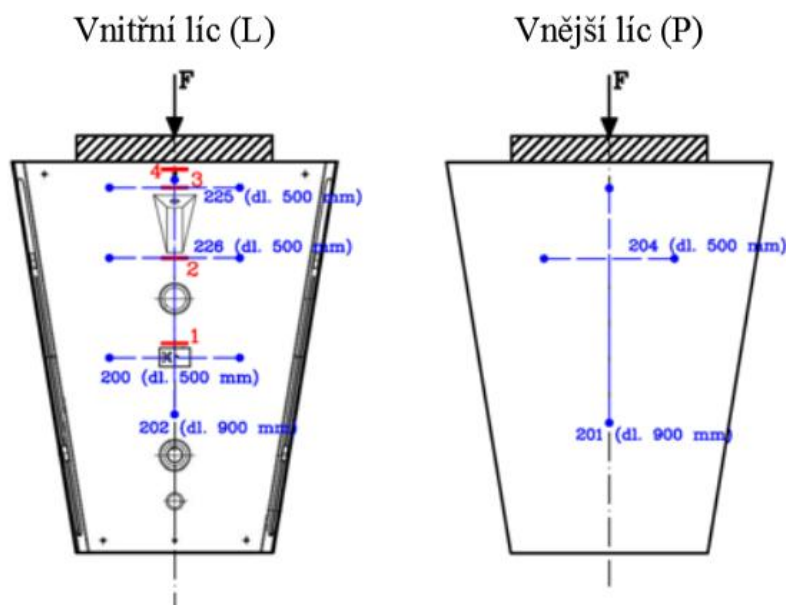
V obou případech zkoušek byly závěrečné segmenty („K“) zkoušeny v tlaku tak, aby směr působící síly byl rovnoběžný s podélnou osou tunelové trouby.

Těmito zkouškami byl simulován účinek razícího štítu při jeho postupu do horninového prostředí na čelbě tunelu. Při zkoušení byla vždy kontinuálně zaznamenávána hodnota působící síly, ale zároveň byly měřeny i velikosti deformací. Ty se měřily jednak osazenými potenciometrickými snímači dráhy, ale také signály z odporových tenzometrů, které byly vždy umístěny na povrchu segmentu.

Zkoušení železobetonového i vláknobetonového segmentu probíhalo vždy v laboratoři Kloknerova ústavu ČVUT v Praze.

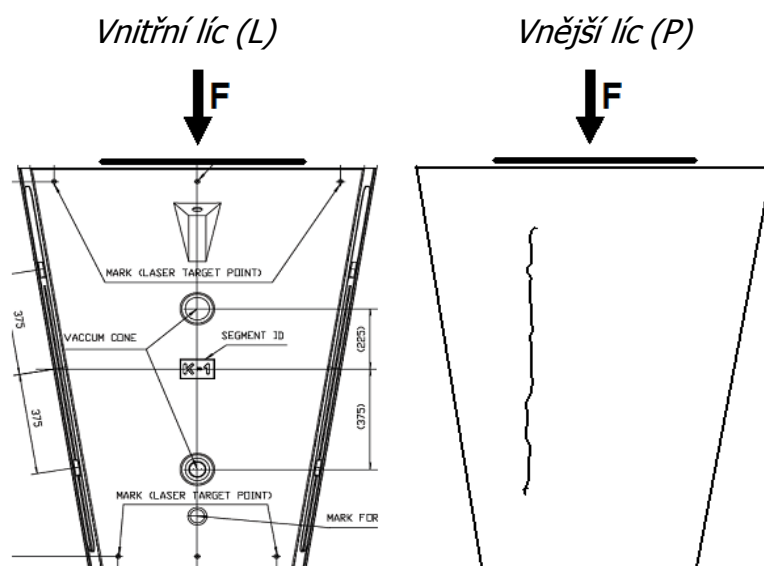
V obou případech byl prefabrikát umístěn na vozík zkušebního zařízení, na jehož horní tlačnou plochu byla osazena nejprve deska z novoduru tl. 9 mm a na ní následně další deska z ocelového plechu P20. Obě desky odpovídaly tvarem dosedacím plochám razícího stroje.

Působící síla byla zvyšována s přírůstkem 300 kN a mezi jednotlivými zatěžovacími stupni byl segment odtížen na hodnotu 90 kN.

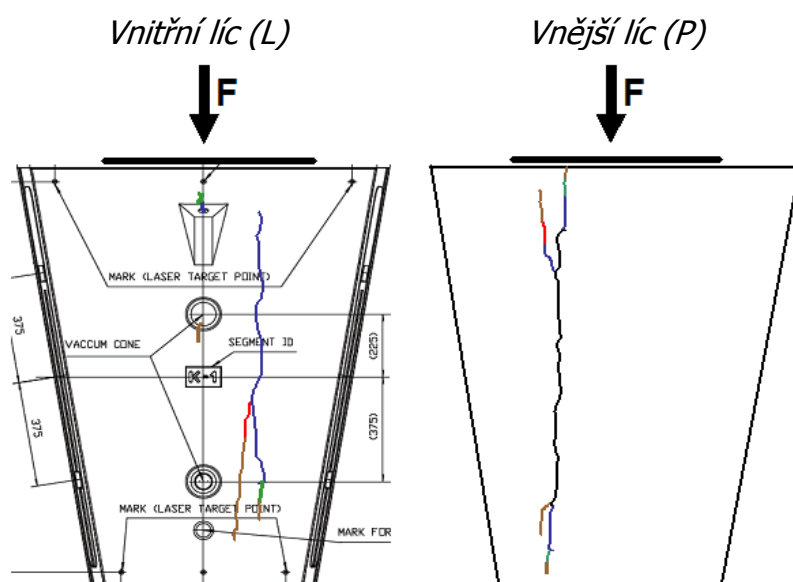


Obrázek 3.: Uspořádání zkoušky včetně rozmístění potenciometrů a tenzometrů

3.2. Vláknobetonový segment

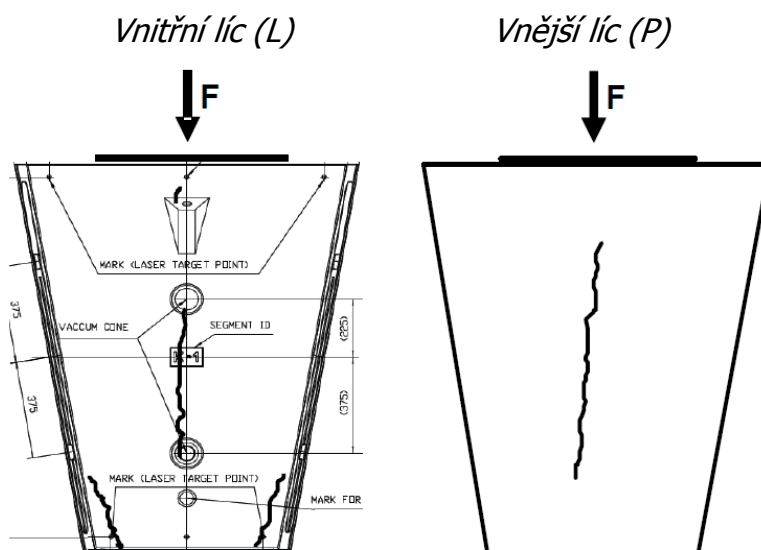


Obrázek 4.: Záznam výskytu makrotrhlin – vláknobetonový klenák – $F_{f,c,r} = 4200 \text{ kN}$

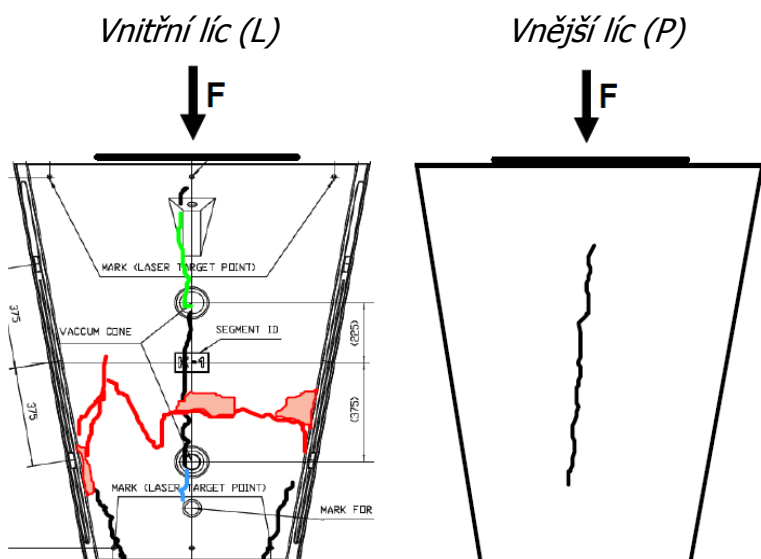


Obrázek 5.: Záznam trhliny při dosažení mezního zatížení – vláknobetonový klenák – $F_{f,c,u} = 7200 \text{ kN}$

3.3. Železobetonový segment



Obrázek 6.: Záznam výskytu makrotrhlin – železobetonový klenák – $F_{c,cr} = 3300$ kN



Obrázek 7.: Záznam trhliny při dosažení mezního zatížení – železobetonový klenák – $F_{fc,u} = 5860$ kN

4. Diskuse k výsledkům

Segmenty byly na základně stejného uspořádání zkoušek (stejně zkušební stavy, rychlost zatěžování, provedení) porovnány dle síly při vzniku první trhliny a dle max. dosažené síly.

Tabulka 2.: Výsledné porovnání naměřených sil u dvou testovaných klenáků při zkoušce tlakem

Beton	Železobeton	Vláknobeton
Vznik první trhliny při síle F_{cr} [kN]	3300	4200
Max. dosažená síla F_u [kN]	5860	7200

Vláknobeton s hmotnostní dávkou 50 kg/m^3 drátků dosahuje jak při vzniku první trhliny, tak při maximální dosažené síle vyšších hodnot.

Důležitá je zejména hodnota při vzniku první trhliny. U vláknobetonu dochází k oddálení tohoto nechtěného jevu a tedy ke zvýšení rezervy o 27%. Oproti železobetonu je tlaková rezerva větší téměř o čtvrtinu.

Síla, která ve skutečnosti bude působit na závěrečný klenák má hodnotu $F_E = 2430 \text{ kN}$. Lze tedy říci, že vláknobetonový segment potřebuje ke svému meznímu porušení zhruba 3x větší sílu, než je skutečná síla působící na segment a je tedy daleko odolnější proti mechanickému poškození.

5. Závěr

Ze získaných výsledků zkoušek s užitím vláknobetonu s dávkou drátků 50 kg/m^3 lze vyčíst následující závěry.

Výsledky průkazných zkoušek podle dílčích objemových hmotností drátků vyrobeného vláknobetonu ukazují na uspokojivou homogenitu vyrobeného vláknobetonu. Stejně tak rozptyl tlakových pevností a tahových pevností zjištěných při ohybových zkouškách je v přijatelných mezích.

Z vyčíslených charakteristických pevností lze vláknobeton zařadit do pevnostní třídy podle FC TP – 1 část 1.

Ze zkoušek reálného klenáku segmentového ostění lze konstatovat lepší chování vláknobetonového prvku oproti prvku železobetonovému –

2. – 3. října 2012, FAST VUT v Brně

pozdější vznik a rozvoj trhlin, způsob porušení i vyšší zatížení, které vedlo k destrukci klenáku.

Poděkování

Příspěvek vznikl za finanční podpory GAČR 104/10/2023.

Literatura

[1] RÁČEK, V.: Vyhodnocení 1. etapy průkazných zkoušek. ČVUT v Praze, Fakulta stavební, Katedra betonových a zděných konstrukcí. Nepsáno. Praha. 2011.

[2] TP FC 1-1 Technické podmínky 1: Vláknobeton – Část 1 Zkoušení vláknobetonu – Vyhodnocení destruktivních zkoušek a stanovení charakteristického pracovního diagramu vláknobetonu pro navrhování vláknobetonových konstrukcí. ČVUT v Praze, Fakulta stavební, Katedra betonových a zděných konstrukcí. Praha. 2007.

[3] VOKÁČ, M.; BOUŠKA, P.: Experimentální zkoušky segmentů prefabrikovaného ostění metra V.A - Segment K z drátkobetonu. ČVUT v Praze, Kloknerův ústav. Praha. 21.srpen 2011.

[4] VOKÁČ, M.; BOUŠKA, P.: Experimentální zkoušky segmentů prefabrikovaného ostění metra V.A. ČVUT v Praze, Kloknerův ústav. Praha. 21.červen 2011.

Kontakt

Ing. VÁCLAV RÁČEK, tel: 00420 224 354 661, e-mail: vaclav.racek@fsv.cvut.cz, Katedra betonových a zděných konstrukcí, FSv ČVUT v Praze, Thákurova 7, 166 29 Praha 6.

Doc. Ing. JAN VODIČKA, CSc., tel: 00420 224 354 622, e-mail: jan.vodicka@fsv.cvut.cz, Katedra betonových a zděných konstrukcí, FSv ČVUT v Praze, Thákurova 7, 166 29 Praha 6.

Doc. Ing. JIŘÍ KRÁTKÝ, CSc., tel: 00420 224 354 627, e-mail: jiri.kratky@fsv.cvut.cz, Katedra betonových a zděných konstrukcí, FSv ČVUT v Praze, Thákurova 7, 166 29 Praha 6.

NÁVRH A VYUŽITÍ OPTICKÝCH METOD PRO HODNOCENÍ HOMOGENITY ROZPTÝLENÍ DRÁTKŮ U ZVOLENÉHO PRŮŘEZU Z UHPC

OPTICAL METHODS AND THEIR PROPOSE AND APPLICATION FOR HOMOGENEITY ASSESSMENT OF STEEL FIBRE DISTRIBUTION AT SELECTED UHPC CROSS-SECTION

**Milan Rydval, Michaela Kostecká,
Petr Huňka, Jiří Kolísko**

Kloknerův ústav

Anotace:

Složení směsi jemnozrnných cementových kompozitů s ocelovými vlákny (UHPC) a způsob výroby prvků z tohoto materiálu se podílí na nehomogenitě rozptýlení ocelových vláken. Optické metody vyvíjené v Kloknerově ústavu představují možnosti, jak lze efektivně zkoumat distribuci drátků rozptýlení výztuže u zvoleného průřezu.

Annotation:

UHPC mixture recipe and kind of elements manufacture have participating of steel fiber distribution. Optical methods are possibilities for effective assessment of steel fiber distribution at selected UHPC cross-section. These methods are developing in the Klokner Institute.

Klíčová slova: UHPC, homogenita matrice, distribuce ocelových vláken, mikroskopické metody

Keywords: UHPC, matrix homogeneity, distribution of steel fibers, microscopic methods

1. Úvod

UHPC jsou silikátovým kompozitním materiálem, které dosahují vysokých hodnot tlakových pevností (pevnost v tlaku cca 150 MPa). Nosná složka je tvořena jemnozrnným kamenivem (velikost zrna do 4 mm) s optimálním tvarovým indexem a granulometrickými vlastnostmi a ocelovými vlákny, které vyztužují cementovou matici. Vodní součinitel u tohoto typu materiálu dosahuje hodnot nižších jak 0,25. V podmínkách České republiky nejsou pro tento nový materiál vytvořeny podklady pro jeho reálnou aplikaci. Tento pomalejší postup je dán řadou komplikací spojených s tímto materiálem, které vznikají nejen při výrobě samotných prvků, ale také ve složení směsi UHPC. Kvalita složek a složení receptury, technologie výroby a ukládání směsi do bednění ovlivňuje homogenitu matrice a distribuce drátků. Homogenita matrice a distribuce drátků po průřezu mají vliv na výsledné parametry a vlastnosti UHPC betonů.

2. Distribuce rozptýlení drátků

Kontrolu množství drátků (vláken) u čerstvého vláknobetonu lze provádět odplavováním cementu a drobného kameniva z betonové směsi proudem vody a následnou separací vláken (kovová vlákna lze vybírat magnetem, nekovová ručním tříděním). Další používanou aplikací je využití zařízení dosometr pracujícím na principu magnetu. Tyto metody lze aplikovat na stanovení množství vláken, nikoliv na stanovení homogenity distribuce drátků po výšce průřezu.

Nedestruktivní stanovení orientace a rozložení drátků v průřezu u ztvrdlého betonu je velmi obtížné. Ve světě, ale i v České republice je prováděna řada výzkumů s využitím elektromagnetické indukce, modifikace metody elektromagnetické rezonance a radiografie.

Destruktivní stanovení obsahu vláken ve vláknobetonu pomocí kontrolních sond je popsáno v normě ČSN EN 14488-7. Tuto normu nelze bez úpravy použít pro stanovení distribuce vláken po průřezu, což vedlo k rozvoji optických metod, které lze pro stanovení distribuce drátků po výšce průřezu použít.

3. Optické metody

Optické metody vyvíjené v Kloknerově ústavu ČVUT představují možnost, jak lze efektivně stanovit homogenitu distribuce vláken po průřezu, která spolu s homogenitou matrice ovlivňuje výsledné mechanické, chemické a fyzikální vlastnosti kompozitních UHPC materiálů. K dosažení optimálních výsledků je nutné optimalizovat nejen recepturu směsi z hlediska výsledných parametrů, ale také z hlediska segregace drátků ke spodnímu okraji. Optimální složení směsi je základním předpokladem pro prefabrikovanou výrobu prvků z UHPC.

Pro optimalizaci složení směsi jsou v Kloknerově ústavu vyvíjeny optické metody pro stanovení distribuce drátků po průřezu. Tyto metody jsou rychlé, levné a efektivní. Dosažené výsledky jsou věrohodné a snadno kontrolovatelné. Časová náročnost jednotlivých metod je závislá nejen na požadované přesnosti výsledků, ale i na kvalitě přípravy, na rozlišovacích schopnostech čoček obecně a na množství rozptýlené výztuže.

3.1. Stanovení homogenity distribuce drátků na lomové ploše

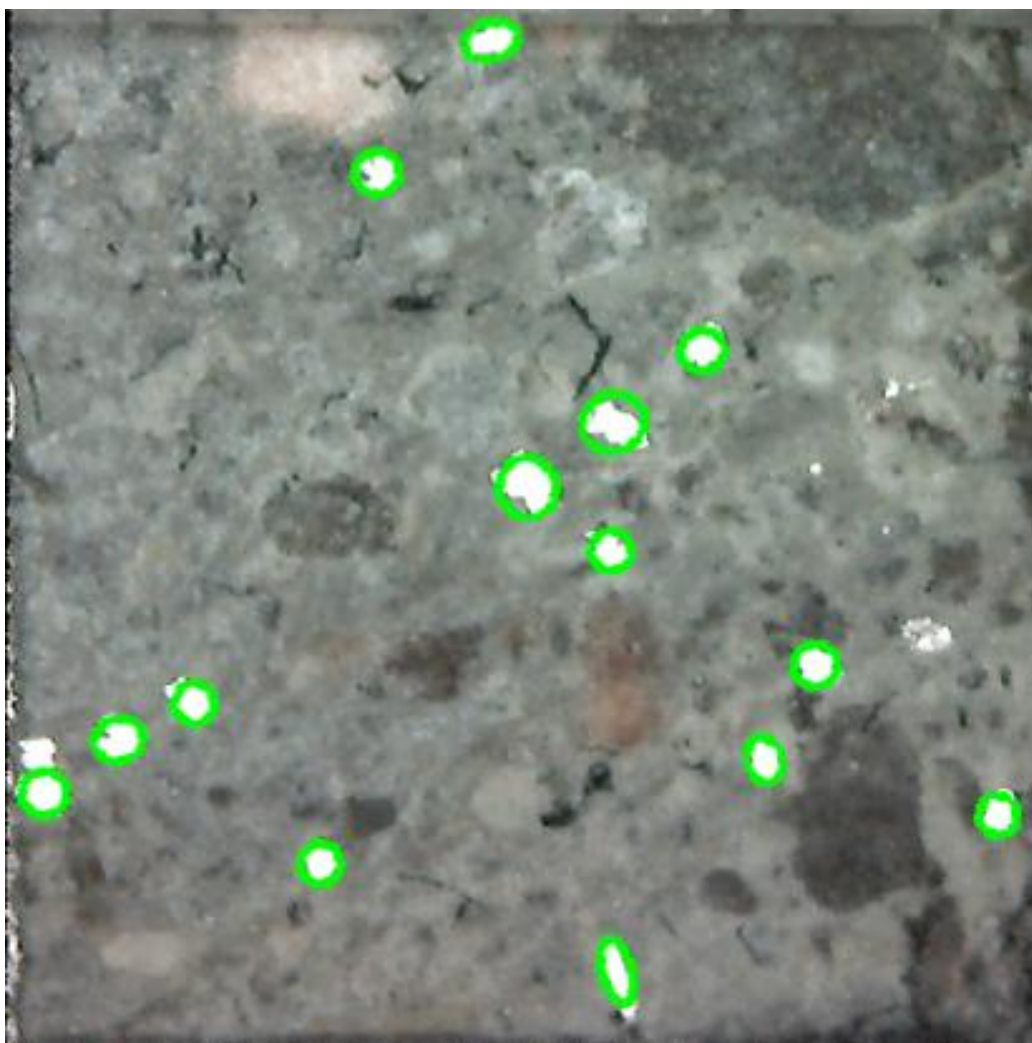
Stanovení množství a distribuce drátků na lomové ploše je prováděno optometricky z pozice pozorovatele. Příprava vzorku pro vyhodnocování je ovlivněna množstvím přečnávající rozptýlené výztuže. Samotné stanovení množství a distribuce drátků je poměrně rychlé.

3.2. Stanovení homogenity distribuce drátků na řezné ploše

Na řezné ploše lze provádět stanovování homogenity distribuce drátků optickými metodami. Nejjednoduššími metodami jsou optometrická metoda a využití lupy. Dalšími, přesnějšími, metodami je využití mikroskopů. V současné době je snímání povrchů zkušebních těles prováděno pomocí těchto dvou typů mikroskopů:

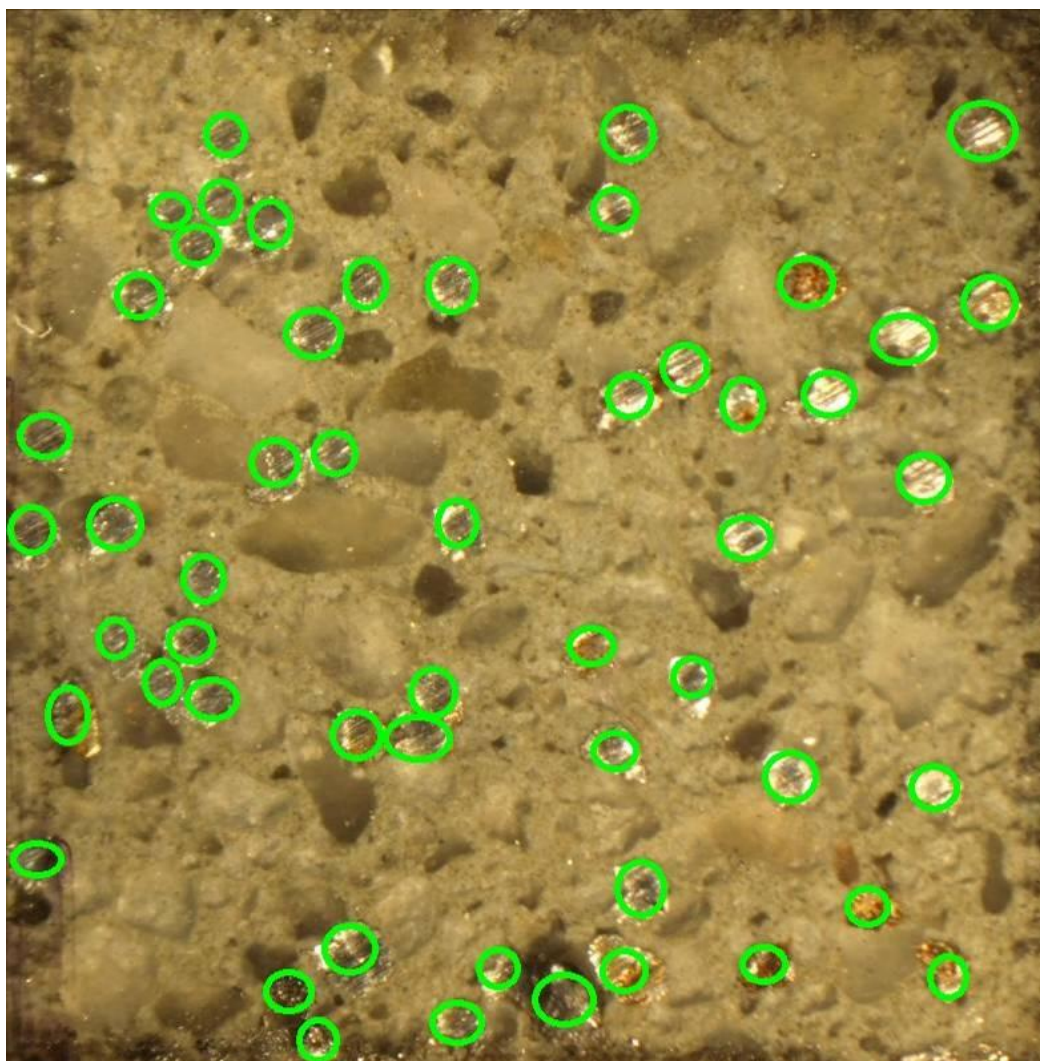
- USB mikroskop;
- optický stereo mikroskop firmy Olympus;

USB mikroskop lze snadno připojit k jakémukoliv počítači pomocí datového kabelu. Díky tomuto připojení není tato metoda vázána na provádění snímání v prostorách laboratoře. Samotné vyhodnocování pak probíhá na snímcích pořízených tímto mikroskopem (**Obrázek 1**), které jsou ukládány do paměti počítače.



Obrázek 1.: Stanovení množství drátků na snímku pořízeným USB mikroskopem (Zobrazená oblast 10 x 10 mm)

Stereo mikroskop firmy Olympus je používán primárně pro práci v laboratorním prostředí. Podobně jako USB mikroskop je i tento připojen datovým kabelem k počítači a pořízené snímky jsou ukládány do paměti počítače. Vyhodnocení je prováděno na pořízených snímcích (**Obrázek 2**). U tohoto typu mikroskopu je omezena výška vzorku na 50 mm. Díky lepšímu snímači jsou pořízené snímky kvalitnější a vyhodnocování je přesnější.

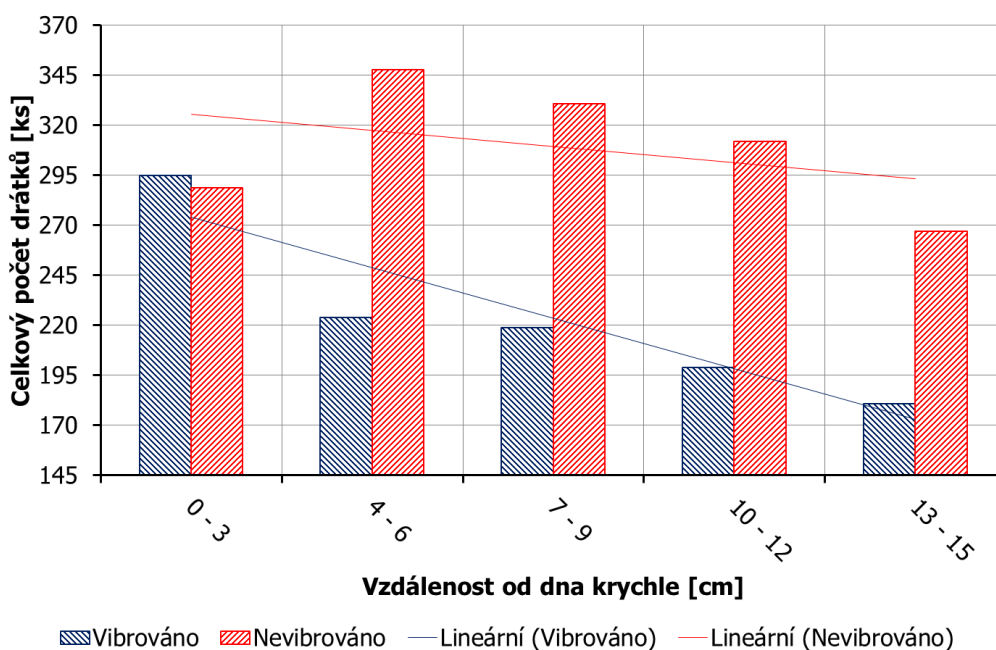


Obrázek 2.: Stanovení množství drátů na snímku pořízeným mikroskopem Olympus (Zobrazená oblast 10 x 10 mm)

4. Experimentální část

Cílem prací byla optimalizace optických metod pro potřeby průběžného ověřování homogenity matrice a rozložení drátů u prvků vyrobených z UHPC. Po prvních zkouškách prováděných na zkušebních krychlích byly tyto metody aplikovány i na další prvky (zkušební trámce a válce, deskové prvky apod.) Vyhodnocení na zkušebních tělesech je prováděno vždy po zkoušce, která je na tomto tělese prováděna a jako vyšetřovaná oblast

je volena oblast v místě poruchy. Snímání povrchu je prováděno pomocí mikroskopů a dále probíhá grafické zpracování a vyhodnocování. Při porovnání jednotlivých snímků (**Obrázek 1** a **Obrázek 2**) je patrné, že při použití mikroskopu Olympus jsou drátky lépe viditelné. Druhý typ mikroskopu je ale vhodnější pro použití i mimo prostředí laboratoře. Na následujícím grafu (**Graf 1**) je patrné, že na distribuci drátků má vliv i použití vibrace, při které dochází k segregaci drátků ke spodnímu okraji.



Obrázek 2.: Stanovení množství drátků na snímku pořízeným mikroskopem Olympus (Zobrazená oblast 10 x 10 mm)

5. Závěr

Základním faktorem ovlivňujícím mechanické, chemické i fyzikální vlastnosti jemnozrnných UHPC materiálů je vedle homogenity matrice i homogenita rozptýlení drátků. Optimalizace receptury směsi, která by byla minimálně náchylná na segregaci vláken je základem úspěšné produkce prvků z UHPC. Optické metody jsou jedním ze způsobů objektivního popisu homogenity distribuce drátků.

Výsledky prezentované v tomto článku jsou pouze ilustrativní a vycházejí z několika provedených měření v rámci širšího programu optimalizace

UHPC. Z prací se ukazuje, že vliv na segregaci drátků má obyčejné gravitace, jelikož i u neuhutněných směsí dochází k poklesu drátků ke spodnímu okraji. Z dalších experimentů se ukazuje, že aplikace různých přísad nemusí tento problém efektivně řešit a někdy může dojít k vyššímu podílu segregace použitím stavební chemie.

Kombinace mikroskopického snímání a následného grafického vyhodnocování je účinné, rychlé a snadno kontrolovatelné. Jediným omezením těchto metod zůstává jejich aplikace na řezných plochách. Dosavadní práce ukazují, že navržené optické metody umožňují průkazně a efektivně hodnotit rozložení vláknové výtzuže z ocelových drátků.

Poděkování

Tato práce vznikla díky podpoře grantového projektu P104/10/2359 - GAČR

Literatura

- [1] RYDVAL, M.: Technologie a vlastnosti UHPC – Hodnocení homogenity materiálu a analýza pevnosti v tahu za ohybu pro návrhové účely na základě experimentů. In: Diplomová práce. 2011. P. 30 – 61.
- [2] VLASÁK, O.: Kontrola množství drátků v betonové směsi na stavbách průmyslových podlah z drátkobetonu. In: <http://www.imaterialy.cz>
- [3] Vokáč, M.; a spol.: Experimental investigation of I-beam made from UHPC. In: Fibre concrete 2011. ISBN 978-80-01-04836-8.
- [4] KOLÍSKO, J.; RYDVAL, M.; HUŇKA, P.: UHPC – Stanovení homogenity rozptýlení drátků a homogenity matrice u zvoleného průřezu. In: Technologie betonu 2012. p. 148 - 154. ISBN 978-80-87158-31-9.
- [5] ČSN EN 14488-7 (73 1304) Zkoušení stříkaného betonu – Část 7: Obsah vláken ve vláknobetonu. 2006. EAN 8590963769578.
- [6] KOSTELECKÁ, M. – KYTÝŘ, D. – DOKTOR, T. – JIROUŠEK, O.: Monitoring of Material Surface Polishing Procedure Using Confocal Microscope, In: Chemické listy, Odborný recenzovaný časopis, 2011, pp. 790 – 791, ISSN 0009-2770.
- [7] DUDÍKOVÁ, M. – KOLÍSKO, J.: Jak lze využít konfokální mikroskopii ve stavební praxi In: Conference about structural materials, Construmat 2010, Slovenská technická univerzita v Bratislavě, Kočovce, 2. – 4. 6. 2010, pp. 282 - 288, 359 s. ISBN 978-80-227-3297-0.

Kontakt

Ing. MILAN RYDVAL, tel: 00420 224 353 547, e-mail: milan.rydval@klok.cvut.cz, Oddělení experimentálních a měřících metod, Kloknerův ústav ČVUT v Praze, Šolínova 7, 166 08 Praha 6 – Dejvice

Ing. MICHAELA KOSTELECKÁ, tel: 00420 224 353 522, e-mail: michaela.kostelecka@klok.cvut.cz, Oddělení stavebních materiálů, Kloknerův ústav ČVUT v Praze, Šolínova 7, 166 08 Praha 6 - Dejvice

Ing. PETR HUŇKA, tel: 00420 224 353 521, e-mail: petr.hunka@klok.cvut.cz, Oddělení experimentálních a měřících metod, Kloknerův ústav ČVUT v Praze, Šolínova 7, 166 08 Praha 6 - Dejvice

Doc. Ing. JIŘÍ KOLÍSKO, Ph.D., tel: 00420 224 353 537, e-mail: jiri.kolisko@klok.cvut.cz, Oddělení experimentálních a měřících metod, Kloknerův ústav ČVUT v Praze, Šolínova 7, 166 08 Praha 6 - Dejvice

ZKOUŠKY OHYBEM A DIAGRAMY ODOLNOSTI VLÁKNOBETONŮ S RECYKLÁTY

BENDING TESTS AND LOAD-DEFLECTION DIAGRAMS OF FIBRE REINFORCED CONCRETE WITH RECYCLED AGGREGATE

Karel Šeps, Jan Vodička

ČVUT v Praze, Fakulta stavební,
Katedra betonových a zděných konstrukcí

Anotace:

Článek se zabývá ohybovou zkouškou trámů se čtyřbodovým podepřením a jejím výsledkem v podobě diagramu odolnosti vláknobetonu, vyrobeného výhradně s použitím recyklátů jako plniva. Jsou zde ukázány rozdíly mezi různým množstvím vláken, různých rychlostí zatěžování při provádění zkoušky a různých délkách vláken.

Annotation:

The article deals with four-point bending test of beams made from fibre reinforced concrete with recycled aggregate and output of this test the load-deflection diagram. The differences between long and short fibres, quick and slow bending test and variation of amount of fibres are showed here.

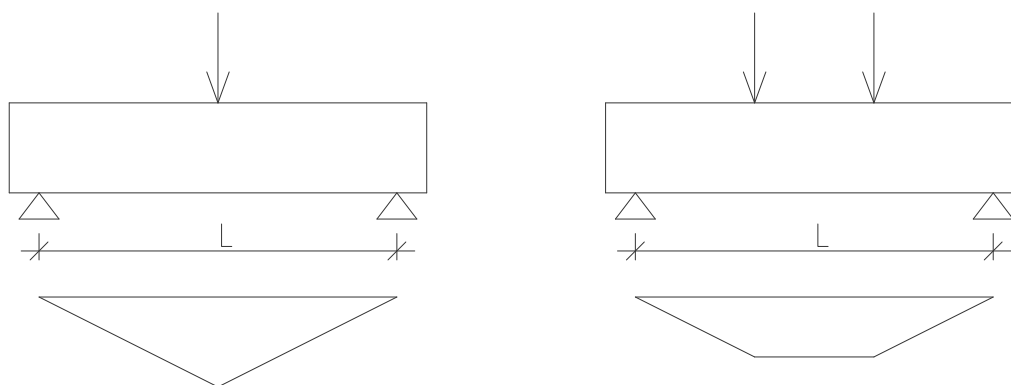
Klíčová slova: vláknobeton s recykláty; ohybová zkouška; diagram odolnosti; polymerová vlákna

Keywords: fibre reinforced concrete with recycled aggregate; four-point bending test; load-deflection diagram; synthetic fibres

1. Tahová pevnost vláknobetonů

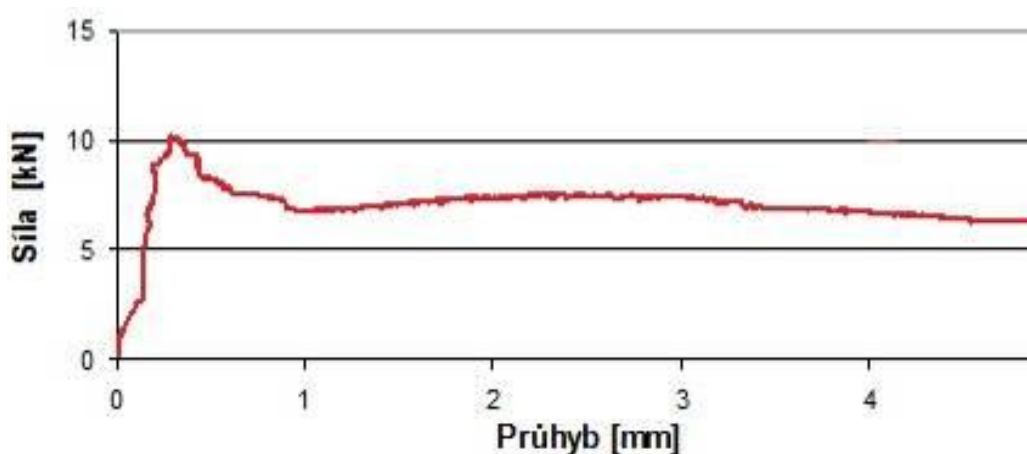
Jednou z nejdůležitějších vlastností, pro které se vláknobetony vyrábějí, je jejich tahová pevnost, která je ovlivněna celou řadou faktorů. Jedná se především o množství vláken, druh vláken a spolupůsobení vláken s cementovou matricí. Z důvodu, že v dnešní době není dostupná zkouška pevnosti v prostém tahu vláknobetonů a je přitom potřeba tahovou pevnost těchto materiálů zjišťovat pro jejich zatřídění do pevnostních tříd a umožnit tak správný návrh vláknobetonu do konstrukce, jeví se jako nejlepší způsob zkoušení tahové pevnosti ohybová zkouška s čtyřbodovým podepřením. Je možné také použít zkoušku vláknobetonu v příčném tahu, ale jedná se především o orientační hodnoty při výrobě. Ohybová zkouška lépe vystihuje homogenitu vláknobetonu a jeho působení v konstrukci.

Jak již je napsáno výše, jedná se o ohybovou zkoušku se čtyřbodovým podepřením, která podrobí, na rozdíl od ohybové zkoušky s tříbodovým podepřením (Obrázek 1), zkoušený prvek maximálnímu ohybovému momentu v celé jeho vnitřní třetině a je tak možné zjistit nejslabší místo na vláknobetonovém prvku.



Obrázek 1.: Zatížení ohybovým momentem u tříbodového a čtyřbodového podepření ohybové zkoušky na vzorcích 150x150x700 mm s teoretickým rozpětím $L=600$ mm

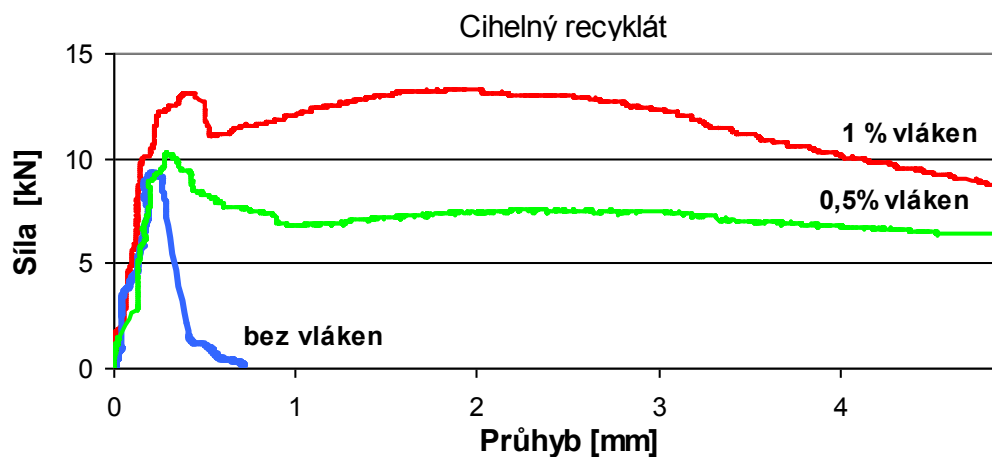
Výstupem ohybové zkoušky s čtyřbodovým podepřením je diagram odolnosti nebo-li graf závislosti zatěžovací síly na průhybu prvku (Obrázek 2).



Obrázek 2.: Diagram odolnosti na trámci z vláknobetonu s cihelným recyklátem a 0,5% objemového ztužení vlákný

2. Příklady diagramů odolnosti

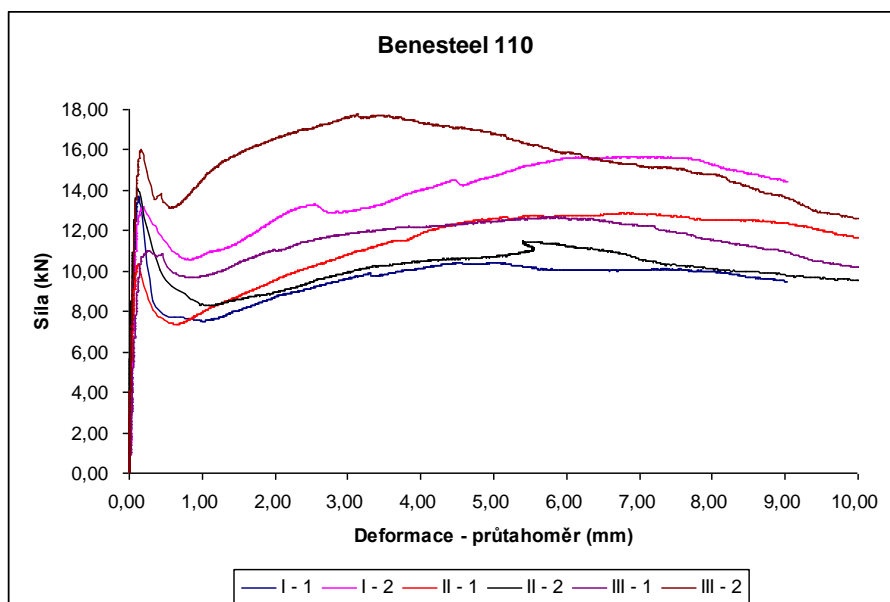
2.1. Množství vláken



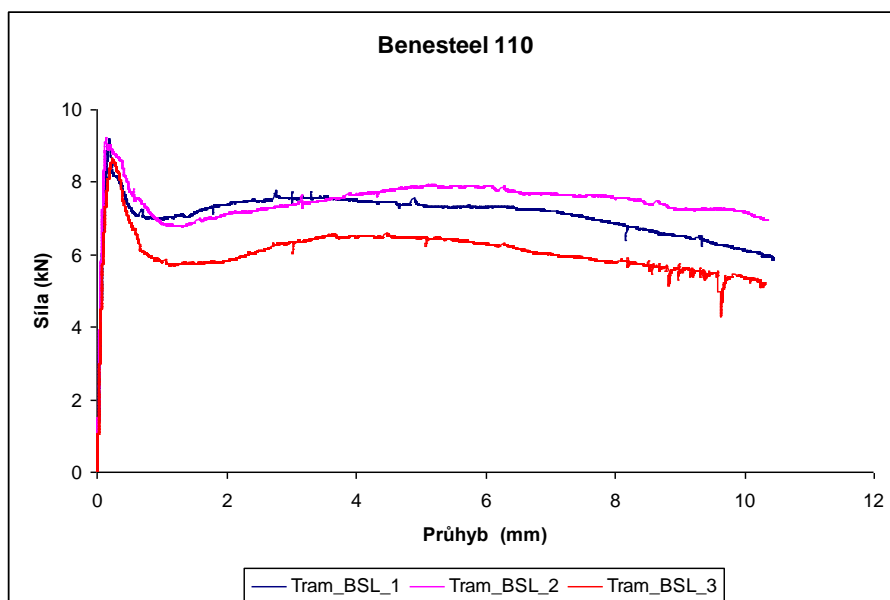
Obrázek 3.: Diagram odolnosti na trámci z vláknobetonu s cihelným recyklátem a 0; 0,5 a 1% objemového ztužení vlákný

Z obrázku 3 je zřejmé, že čím je vyšší procento ztužení vlákný, tím roste reziduální pevnost a schopnost vláknobetonu přenášet zatížení i s narůstajícím průhybem. Množství vláken je však omezeno schopností zpracovat čerstvou vláknobetonovou směs a zajistit homogenitu materiálu.

2.2. Rychlost zatěžování



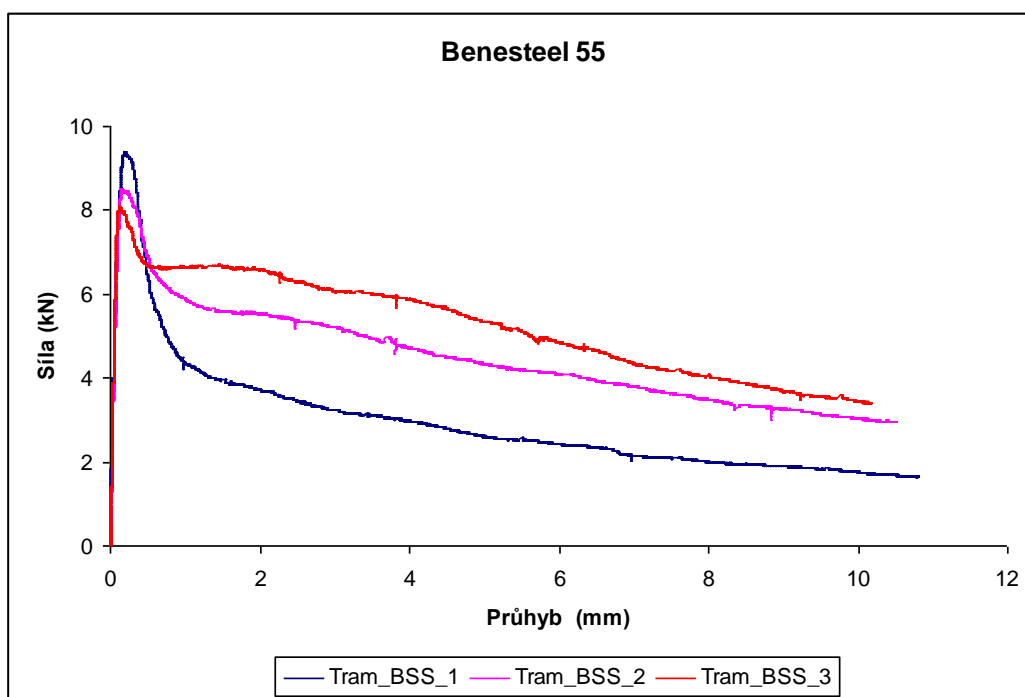
Obrázek 4.: Diagramy odolnosti trámů z vláknobetonu s 1% vláken BeneSteel délky 110 mm při rychlosti zatěžování 0,5 mm/min (VSB TU Ostrava)



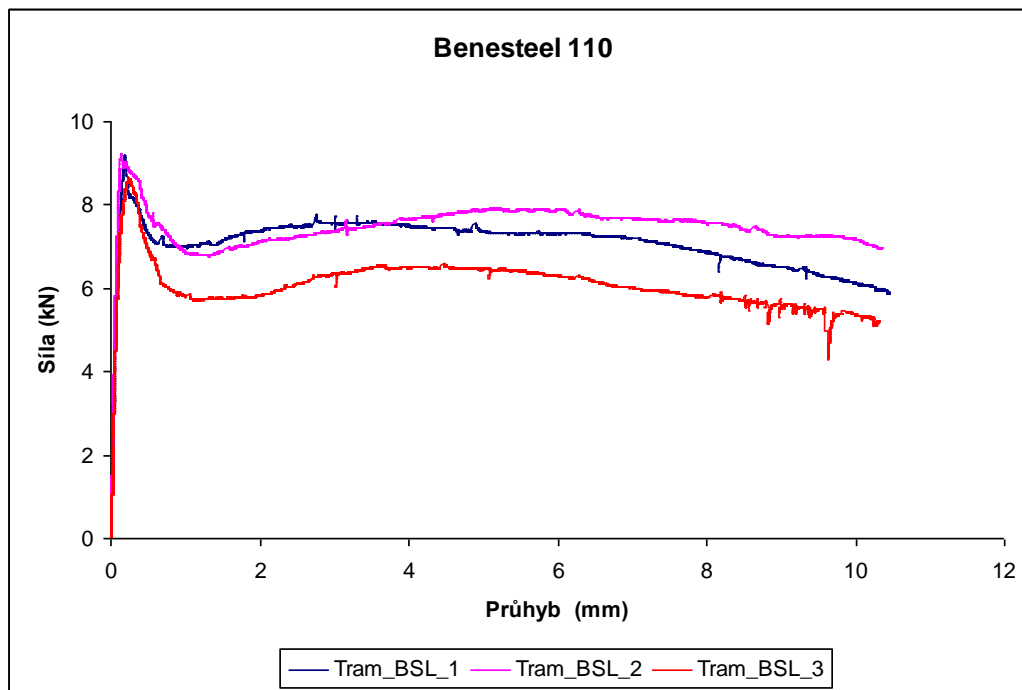
Obrázek 5.: Diagramy odolnosti trámů z vláknobetonu s 1% vláken BeneSteel délky 110 mm při rychlosti zatěžování 0,2 mm/min (FSv ČVUT)

Z uvedených záznamů zkoušek je vidět, že rychlost zatěžování při zkoušce ohybem ovlivní výsledky zkoušek, i přestože uvedené výsledky zkoušek byly získány při použití rozdílného betonového recyklátu jakožto plniva vláknobetonu.

2.2. Délka vláken



Obrázek 6.: Diagramy odolnosti trámek z vláknobetonu s 1 % vláken BeneSteel délky 55 mm, při rychlosti zatěžování 0,2 mm/min (FSv ČVUT)



Obrázek 7.: Diagramy odolnosti trámek z vláknobetonu s 1 % vláken BeneSteel délky 110 mm při rychlosti zatěžování 0,2 mm/min (FSv ČVUT)

Se změnou délky vlákna je vidět výrazný rozdíl v záznamech zkoušek při užití stejného složení vláknobetonu. Prodloužení tahové odolnosti vzorku je tak třeba přisoudit délce zakotvení vlákna, neboť v obou případech bylo použito stejného betonového recyklátu s totožnou velikostí maximálního zrna.

3. Závěr

Z výsledků diagramů odolnosti (Obrázek 4 - 5) jasně vyplývá, že je nutné sjednotit nejen uspořádání ohybové zkoušky, ale i rychlost zatěžování při této zkoušce, aby bylo možné přesně a správně zatřídit vláknobeton do pevnostní třídy.

Z diagramů (Obrázek 6 - 7) je vidět, že délku vláken je nutné volit v závislosti na maximální velikosti zrna užitého recyklátu.

Poděkování

Příspěvek byl vypracován za finanční podpory grantového projektu GAČR 104/10/1128 Identifikace materiálových charakteristik cementovláknových kompozit s plným využitím recyklátu.

Literatura

[1] Vodička J., Lukš J., Krátký J., Šeps K.: Vliv délky polymerových vláken na vlastnosti vláknobetonů vyrobených výhradně s využitím recyklátů, Sborník 8. konference Speciální betony, Skalský Dvůr, říjen 2011, s. 150-158, ISBN 978-80-86604-54-1

[2] TP FC 1-1 Technické podmínky 1: Vláknobeton – Část 1 Zkoušení vláknobetonu – Vyhodnocení destruktivních zkoušek a stanovení charakteristického pracovního diagramu vláknobetonu pro navrhování vláknobetonových konstrukcí (ČVUT v Praze, Fakulta stavební, Katedra betonových a zděných konstrukcí, Praha 2007)

[3] Lukš J., Krátký J., Vodička J., Fládr J.: Výsledky měření trámků dlouhodobě zatížených, Sborník 8. konference Speciální betony, Skalský Dvůr, říjen 2011, s. 129-135, ISBN 978-80-86604-54-1

[4] Fládr J., Krátký J., Vodička J., Lukš J., Šeps K.: Chování trámových prvků z vláknobetonu s polymerovými vlákny při dlouhodobém zatížení, Sborník recenzovaných příspěvků z konference zkoušení a jakost ve stavebnictví, Brno, říjen 2011, s.73-78, ISBN 978-80-214-4338-9

Kontakt

Ing. KAREL ŠEPS, tel: +420 224 354 624, e-mail: karel.seps@fsv.cvut.cz, Katedra betonových a zděných konstrukcí, Fakulta stavební ČVUT v Praze, Thákurova 7, 166 29 Praha 6

Doc. Ing. JAN VODIČKA, CSc., tel: +420 224 354 622, e-mail: jan.vodicka@fsv.cvut.cz, Katedra betonových a zděných konstrukcí, Fakulta stavební ČVUT v Praze, Thákurova 7, 166 29 Praha 6

2. – 3. října 2012, FAST VUT v Brně

PRŮZKUM A NÁVRH REKONSTRUKCE STŘECHY MONTOVANÉ HALY

EXAMINATION AND RECONSTRUCTION DESIGN OF ROOF OF PREFABRICATED ASSEMBLY HALL

Miloš Zich, Zdeněk Bažant

Ústav betonových a zděných konstrukcí,
FAST, VUT v Brně

Anotace:

Montovaná jednopodlažní hala s nosnou betonovou konstrukcí je zastřešena předpjatými příhradovými vazníky, světlíky a vaznicemi – krokviemi, nesoucími střešní desky. Zjištěny závažné problémy vazníků, vaznic a střešního pláště. Popsán je postup průzkumu, jeho výsledky a návrh rekonstrukce střechy.

Annotation:

Prefabricated single-storied concrete assembly hall is roofed with prestressed lattice girders, skylights, purlins and roof slabs. Significant problems of a roof structure were found out. The method and results of examination and the principles of reconstruction are described.

Klíčová slova: *Montovaná hala, střešní konstrukce, průzkum, výsledky, rekonstrukce.*

Keywords: *Prefabricated hall, roof structure, examination and results, reconstruction.*

1. Popis konstrukce haly

Výrobní jednopodlažní šestilodní hala o půdorysných rozměrech 204 x 144 m (bývalá NHKG) byla postavena v letech 1961-63 podle projektu Ing. Bedáně [1]; je tedy cca 50 let stará. Nosná konstrukce haly je betonová - montovaná, osové vzdálenosti sloupů jsou 12,0 x 24,0 m, výška konstrukce 15-16 m. Železobetonové sloupy typu Vierendeel nesou předpjaté příhradové vazníky o skladebném rozpětí 24,0 m, na kterých jsou na dolním pásu umístěny po 3,0 m železobetonové vaznice (krokve po vlašsku) o skladebné délce 12,0 m, obr. 1, 2. Vaznice nesou železobetonové kazetové střešní desky. Přes vazníky jsou provedeny světlíky ve formě montovaných železobetonových rámců. Na konzolách sloupů je umístěna ocelová jeřabová dráha. Založení haly je provedeno na kalichových monolitických patkách, osazených na šterkopískové terase. Hala je umístěna na území zasažené důlní činností. Konstrukce haly je poměrně unikátní, na svoji dobu novátorská.



Obrázek 1.: Pohled na konstrukci střechy – podélný řez

2. Dřívější posudky

Konstrukce haly však již od samotného dokončení vykazovala řadu problémů. Jednalo se zejména o velké průhyby vaznic a celkové rozvolnění (vodorovné deformace) haly. Stavem haly se proto zabývala řada významných odborníků a institucí z oblasti statiky: Bechyně – 1964, Wünsch – 1971, Meloun a Kuda – 1989 [3], [4], TAZÚS Praha, Hutní projekt Ostrava, VUT FAST Brno, Báňský úřad apod. Během let bylo v různé míře navrhováno zesílení haly a rekonstrukce (zmenšení zatížení střechy). Kromě vyvěšení krokví pomocí ocelových táhel a zesílení jeřábových konzol se ale žádný návrh nerealizoval. Chování konstrukce se více-méně jen sledovalo.



Obrázek 2.: Detail uložení předpjatého vazníku na sloup

Velmi podrobný popis a přepočítání tehdejšího stavu konstrukce provedl Bradáč v roce 1981 [3]. Posudky z roků 1989 - 1990 doporučují sledování deformací výchylek hlav sloupů 2x ročně (které zřejmě nebylo prováděno). Mimo to bylo v posudcích uvedeno, že spolehlivost haly

podle mezních stavů únosnosti je dosud dobrá. Proti předchozím zprávám tehdy nedocházelo ke zvyšování průhybů jednotlivých střešních prvků. Výslovně bylo konstatováno ukončení nárůstu průhybů vaznic.

Sledování haly ovšem po roce 1990 zcela ustalo. Hala poté prošla řadou vlastnických změn. Až po téměř dalších dvaceti letech začal opětovně majitel haly v souvislosti s vypadáváním betonu ze spár mezi panely stav střechy důkladněji ověřovat.

Posuzovatelé v roce 2008 konzultovali velmi podrobně problematiku stavu hal s původními posuzovateli doc. Melounem a doc. Kudou, [3] a [4]. Přitom získali bližší informace o způsobu provádění průzkumů této unikátní konstrukce.

3. Průzkum haly

Nové ověřování stavu střechy bylo prováděné v letech 2008-2012. Práce byly rozděleny do několika postupně na sebe navazujících fází:

- Získání dostupných podkladů a jejich studium,
- předběžné vizuální prohlídky, stanovení rozsahu průzkumu,
- stanovení skutečného zatížení střechy,
- ověření průhybů vaznic a vazníků,
- následovala řada podrobných prohlídek celé haly.

Významnou část doby zabralo *získání podkladů k hale a jejich studium*. Vlastní původní posudky sice v archívu existovaly, dlouhou dobu se ale nedařilo získat realizační projekt. Jeho objevení v archívech sousední firmy mělo velký význam pro postup prací. Nalezeny byly výkresy těžké montáže haly včetně armovacích výkresů jednotlivých prvků.

Posuzovatele poté provedli *předběžné vizuální prohlídky* z roviny podlahy haly a v části haly i z roviny střechy z vysokozdvíhací plošiny. Z prohlídek [5] a ze studie podkladů vyplynulo, že hala má v současnosti několik zásadních problémů:

- Na první pohled jsou patrné značné deformace betonových krokví, dosahující i přes 100 mm. Konstrukce byla velmi úsporně dimenzována a to jen na mezní stav únosnosti. Dřívější výpočty a přepočty maximálně využily všechny dostupné možnosti tak, aby konstrukce vyhověla [2]. Mezní stavy použitelnosti (průhyby) nebyly v době vzniku konstrukce stanovovány.



Obrázek 3.: Narušené střešní panely

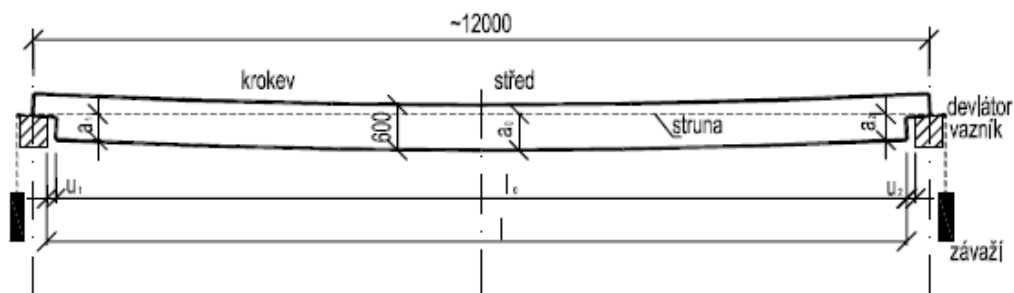
- Narůstající deformace vaznic se sekundárně projeví rozevíráním spár mezi střešními deskami. Kusy závlukového betonu místy vypadávají (obr. 3) a je tak ohrožen bezpečný provoz v hale.
- Příčný tvar vaznice ve formě otevřeného „C“ není vhodný. Průřez je náchylný na kroucení.
- Konstrukce již byla v minulosti z důvodu narůstání průhybu upravována a zesilována (vyvěšení kroků pomocí ocelových táhel, přes vazníky, obr. 1). Úpravy nejsou ale provedeny v celém půdorysu haly a existuje o nich jen velmi málo záznamů.
- Konstrukce nebyla zajištěna na účinky poddolování (neexistence vodorovného ztužení v úrovni základů) ve smyslu ČSN 73 00 39. Nicméně bylo měřením (deformací jeřábových drah, sedáním sloupů apod.) a dotazy na báňském úřadě ověřeno utlumení těžby. Její vliv na konstrukci haly je již ukončen.
- Světlíky již dosloužily, jejich současná funkce je sporná.
- Mostové jeřáby byly nahrazeny jinými, moderními jeřáby, s menší hmotností a nosností.

- Prohlídkou bylo zjištěno, že se stále jedná o původní střešní kazetové desky (s řadou trhlin). Nebylo proto jasné nakolik je střecha pochůzí.
- Střecha též nespĺňuje dnešní požadavky z hlediska tepelně izolačních.

Na střechu byly postupně dolepovány různé vrstvy hydroizolace. Bylo proto rozhodnuto provést 10 sond do střechy za účelem ověření *skutečné skladby a tíhy střešního pláště*. Bylo zjištěno, že plášť se skládá ze tří vrstev (asfaltová hydroizolace, betonová mazanina a pěnobeton) o max. tíze $1,23 \text{ kN/m}^2$ (nižší hodnota než ta, se kterou bylo uvažováno v [2]). Vzhledem k množství zkoušek betonu prováděných dříve [2] a dostatečném přehledu o kvalitě betonu, bylo rozhodnuto provádět jen nedestruktivní ověření vlastností betonu a to na sloupech. Bylo ověřeno, že beton je stále v dobrém stavu a dostatečné pevnosti. Je třeba si uvědomit, že jakékoliv odebrání materiálu z nosných prvků střechy bylo ovlivněno jejich umístěním ve značné výšce. Všechny prvky jsou tenké, takže získání vhodných vzorků dostatečného rozměru pro destruktivní zkušebnictví bylo značně obtížné a mohlo i trvale prvky poškodit.

Bylo provedeno *ověření průhybů tří vaznic* (krokví). Jednalo se o vaznice, které byly již dříve sledovány [3], [4]. Byl tedy předpoklad získání časové změny průhybů. Proto bylo rozhodnuto průhyby měřit obdobnou metodou, jak to prováděli předchozí posuzovatelé. Pro vlastní měření byl jako měřičská základna použit ocelový drát (struna), vedený od jednoho uložení vaznice (krokve) na vazníku k uložení druhému. Jako pomůcka pro převedení drátu z vodorovné do svislé polohy se předem vyrobily vodící ocelové deviátory, které se vždy umístily na oba vazníky. Drát byl pak přes tyto deviátory napínán odpovídajícím závažím. Tak bylo docíleno poměrně dokonalého napnutí drátu a tedy vyloučení možné chyby z jeho průvěsu. Drát byl přitom veden přímo podél vaznice (krokve) a sledoval tak rozdílné výškové uložení obou konců vaznice (krokve). Při měření se stanovila svislá vzdálenost drátu od spodního líce vaznice (krokve). Vzdálenost se měřila v místě uložení a_1 (a_2) a dále ve středu rozpětí vaznice (krokve) a_0 . Dále byly zjištěny vodorovné velikosti mezery mezi vaznicí (krokví) a lícem vazníku u_1 (u_2) a světlé vzdálenosti vazníků l , viz obr. 4. Na jedné vaznici byl naměřen průhyb o cca 12 mm větší než v roce 1989. Na dvou dalších pak paradoxně menší o 17 mm, respektive o 23,7 mm než v roce 1989. Bylo zřejmé, že deformace se nijak výrazně nezvětšují. Přitom se ukázalo, že je velmi problematické navázat na měření, prováděné před více jak dvaceti lety, a to zejména z důvodu odlišného provedení měření a z toho vyplývajících chyb a přesnosti měření. Velký vliv na měření měla i vlastní

nerovnoměrné natočení „C“ průřezu vaznice. Výraznější průhyby předpjatých vazníků nebyly zjištěny.



Obrázek 4.: Měření průhybu vaznic pomocí napnuté struny

Po analýze předběžných prohlídek a ověření průhybů bylo rozhodnuto o provádění podrobných prohlídek celé haly. Je třeba si uvědomit, že hala je půdorysně značně rozsáhlá, s velkým počtem nosných prvků. Jen kroků je v celém půdoryse více jak 800 ks. Prohlídky probíhaly ve velké výšce a nemohly omezovat výrobu v hale.

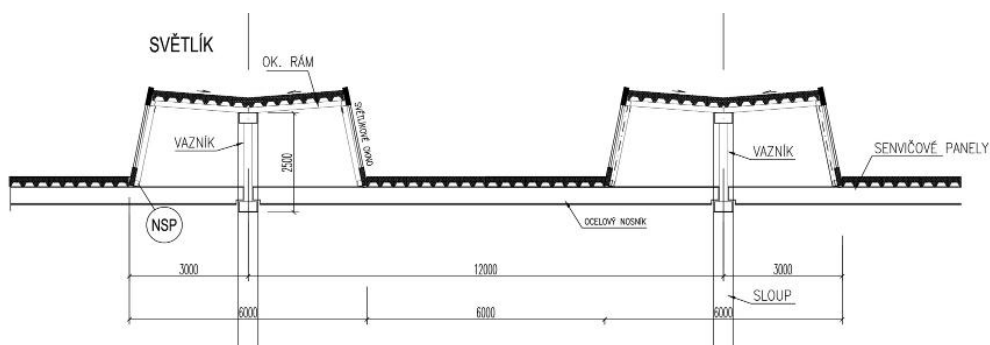
Provedení vlastních prohlídek všech částí haly bylo tak značné časově obtížné. Významnou část prohlídek proto po zaškolení prováděli pracovníci majitele. Postupně se zaměřili na kontrolu detailů uložení jednotlivých prvků, průhyby vaznic (max. 1/150L), nalezení případných trhlin v jednotlivých prvcích apod.

4. Nový přepoččet haly

Na základě komplexu získaných znalostí byl proveden statický přepoččet hlavních nosných prvků haly dle původních i stávajících norem (mezni stavy průhybů, nové zatížení sněhem, větrem, nové jeřáby apod.). Konstatuje se, že v současnosti lze jen těžko vyhovět nyní platným normám (např. zvýšenému zatížení sněhem) a to zejména u střešních desek a vaznic. Ukázalo se, že střešní desky není možné považovat za plně pochůzí. Předpjaté vazníky a sloupy však byly vyhovující. Z toho tedy vyšel návrh [5] na provedení rekonstrukce střechy, spočívající v nahrazení stávající těžké střechy střechou novou, lehkou, z ocelových nosníků a sendvičových tepelně izolačních panelů, obr. 5.

K bezpečnosti stavby v současné době přispívá vývin tepla od vlastní výroby. Nezaizolovanou střechou dochází k úniku tepla a současně k roztávání sněhu na střeše. Na střeše tak nikdy není plné zatížení, které

by střecha dle výpočtů neměla přenést. Rizikem by proto bylo přerušení výroby v zimě. U nového řešení se zatepleným pláštěm je předpoklad, že sníh na střeše roztávat nebude. Je tedy třeba na tento stav konstrukci nadimenzovat. Vzhledem k členitosti střechy je nutno počítat i s různými zatěžovacími stavy od návějí sněhem. Je třeba si uvědomit, že jakékoliv odklizení sněhu z tak půdorysně rozsáhlé a členité střechy je prakticky nemožné. Navíc přitom hrozí poškození střešního pláště a následné záteky do haly.



Obrázek 5: Příčný řez střechou – návrh nového stavu

5. Závěr

Konstrukce haly je téměř 50 let stará, hala je tedy na okraji životnosti. Je zřejmé, že je nutné počítat s rekonstrukcí střechy. Je tedy zapotřebí:

- Vypracovat návrh (projekt) rekonstrukce střechy.
- Zajistit náhradu střešního pláště za lehčí konstrukci, tj. odstranit dožitá střešní desky a vyměnit je např. trapézovými plechy s vhodnou tepelnou izolací.
- Odstranit vaznice (krokve po vlašsku), navrhnout nový střešní plášť, zesílit nosné prvky (vazníky).
- Ovlivnit výrobu v hale (zčásti zastavit provoz, neboť úpravu střechy nelze z bezpečnostních důvodů za provozu provádět).

Poděkování

Pro zpracování tohoto posudku byly využity výsledky řešení projektu Ministerstva průmyslu a obchodu „Impuls“ FI - IM5/128 Progresivní konstrukce z vysokohodnotného betonu. Příspěvek byl vypracován

v rámci výzkumného záměru MSM 0021630519 „Progresivní spolehlivé a trvanlivé nosné stavební konstrukce“.

Literatura

- [1] Projektová dokumentace NHKG Ostrava - Kunčice, Pozemní stavby n.p. Gottwaldov, 1960.
- [2] Bradáč J., „NHKG n. Ostrava – Kunčice, Autokolárna – Studie“, Hutní projekt Ostrava, duben 1981.
- [3] Meloun V., Kuda, R. „Objekt 01 NHKG Expertní posudek „ Studie“ HP Ostrava“, FAST VUT Brno, červen 1981.
- [4] Meloun V., Kuda, R. „Posouzení stavu nosné konstrukce objektu O1 provozu 23 – autokolárna v NHKG“, FAST VUT Brno, 1989.
- [5] Zich M., Bažant Z., Studie a návrh postupu rekonstrukce střechy haly 01 v areálu firmy, Hayes Lemmerz Czech a zprávy o provedeném průzkum haly, 2009 - 2011.

Kontakt

Doc. Ing. MILOŠ ZICH, Ph.D., tel: 00420 541 147 860, e-mail: zich.m@fce.vutbr.cz, Ústav betonových a zděných konstrukcí, FAST VUT v Brně, Veveří 95, 602 00 Brno.

Doc. Ing. ZDENĚK BAŽANT, CSc., tel: 00420 541 147 862, e-mail: bazant.z@fce.vutbr.cz, Ústav betonových a zděných konstrukcí, FAST VUT v Brně, Veveří 95, 602 00 Brno.

2. – 3. října 2012, FAST VUT v Brně

**BLOK III.
ZKOUŠENÍ DALŠÍCH STAVEBNÍCH
HMOT, DÍLCŮ A KONSTRUKCÍ**

2. – 3. října 2012, FAST VUT v Brně

STANOVENÍ STÁŘÍ A PŮVODU CIHEL VE STAVEBNÍ KONSTRUKCI

DETERMINING THE AGE AND ORIGIN OF BRICKS IN THE CONSTRUCTION

**Ondřej Anton, Petr Cikrle,
Věra Heřmánková**

Ústav stavebního zkušebnictví, FAST, VUT v Brně

Anotace:

Poměrně častým požadavkem v rámci stavebně-technických průzkumů historických konstrukcí je zjištění původu a stáří cihel, a současně stanovení fyzikálně-mechanických vlastností cihel v kontextu se statickým posouzením cihelného zdiva. Příspěvek se věnuje této problematice na příkladu průzkumu historické zděné mostní konstrukce.

Annotation:

Relatively frequent request when conducting construction surveys of historical constructions is to determine the origin and age of bricks as well as their physico-mechanical properties in the context of a static evaluation of the brickwork. This article addresses this issue using an example of historic brickwork in a bridge construction.

Klíčová slova: *historické cihly, stáří cihel, fyzikálně-mechanické vlastnosti cihel, typologie historických cihel*

Keywords: *historical bricks, age of bricks, physico-mechanical properties of bricks, typology of historical bricks*

1. Úvod

V rámci stavebně-technických průzkumů stavebních konstrukcí, se poměrně často setkáváme s posuzováním zděných konstrukcí z cihelného zdiva. V případě, že jde o starší, nebo přímo historickou konstrukci, se kromě stanovení pevnostních charakteristik jednotlivých stavebních prvků i celého zdiva, vyskytuje požadavek na stanovení stáří a původu jednotlivých cihel, mimo jiné z důvodu posouzení stavebního vývoje celé konstrukce, nebo výběru adekvátní náhrady chybějících nebo poškozených částí konstrukce. Tento příspěvek se zaměří na období od 18. do 20. století, což je doba charakterizovaná snahou o unifikaci cihlářských výrobků, a současně v našich podmínkách masivním využíváním plných pálených cihel ve stavebních konstrukcích. Posuzovaná stavební konstrukci je obloukový most v obci Dobromilín v okrese Prostějov.

2. Historický vývoj výroby plných cihel

Ve střední Evropě se s pálenými cihlářskými výrobky setkáváme (pokud odhlédneme od nálezů římských cihel na archeologických lokalitách) až v 11. století. Dobová terminologie hovoří o cihlách "zdících, krycích a dláždících". Středověké cihly jsou charakteristické roztržitostí rozměrů, poměrů délek stran (stejně tak se liší kvalitou zpracování a materiálem). Obecně lze však v dobových nařízeních vysledovat snahu k udržení poměrů délek stran 1 : 2 : 4, což však nebylo často akceptováno.

První cejchovaný model v rámci monarchie byl vytvořen až v roce 1686, platil však pouze pro Vídeň a Dolní Rakousko (pro cihly "zdice" $11\frac{1}{2} \times 5\frac{1}{4} \times 2\frac{3}{4}$ palce).

V tomto období bylo značení cihel v Čechách a na Moravě spíše výjimkou. V rámci monarchie tvoří v tomto směru výjimku oblast Horních Uher, kde lze vysledovat značení cihel tzv. pozitivními kolky již v 18. století jako vcelku běžné. Pozitivní kolek byl vytvořen tak, že ve dně formy byla vyryta či vypálena značka. Díky způsobu výroby jsou pozitivní kolky méně výrazné, a většinou daleko jednodušší, než pozdější kolky negativní (kdy na dno formy byla umístěna raznice).

V roce 1839 byly pro Čechy předepsány základní rozměry cihel pro zdění (tzv. zdice) $11\frac{1}{2} \times 5\frac{1}{2} \times 2\frac{1}{2}$ palce a současně bylo předepsáno razit

na cihlu značku výrobce - cihelny. Rozměry byly uváděny pro výrobky po výpalu [6].

Na Moravě zůstal v platnosti výnos Moravsko-slezského gubernia z roku 1810, s rozměrem zdice $11\frac{1}{2} \times 5\frac{3}{4} \times 2\frac{3}{4}$ palce (palec dolnorakouský). Zcela unifikovaného formátu bylo dosaženo až ke 14. 4. 1883 v souvislosti s metrologickou reformou. Formát cihel pro zdění byl stanoven na 290 x 140 x 65 mm. Opuštění měření v palcích odstranilo dosavadní roztržitost jednotek a formátů.

Pro výše uvedené období se stalo charakteristickým tzv. **kolkování**. Na dno formy byla umístěna reliéfní raznice, jež po odformování vytvořila negativní reliéf v cihlářském výrobku - tzv. kolek. Vzhled kolků nebyl nijak předepsán, na jejich podobě se projevuje kreativita majitele cihelny, a důležitost, kterou přikládali této jistého druhu reklamě.

Můžeme tak pozorovat nejčastěji cihly s kolky ve formě iniciál majitele, či tradičního názvu cihelny, vzácněji kolky s propracovanými reliéfními erby a symboly, a stejně tak primitivní kolky ve formě malé značky. Často je kolek doplněn kolky číselnými, které pravděpodobně označovaly číslo sady forem nebo pracovní skupinu. Bohužel, v současnosti nebyly značky na Českých a Moravských cihlách dosud systematicky zpracovány.

Počátek 20. století přinesl zavedení strojního formování cihel, a s tím zásadní redukci počtu výrobců, a díky změně technologie výroby současně zánik výskytu kolků na cihlářských výrobcích (s výjimkou střešní krytiny).

2.1 Sekundární použití cihel

Častým požadavkem v rámci diagnostiky objektu, je posouzení stáří zdiva na základě typologie použitých cihel. To je úkol nesnadný, a v řadě případů zcela nemožný. Prakticky v každém historickém období bylo běžné recyklovat stavební prvky, tedy i cihly byly zcela běžně využívány sekundárně, tedy zdění probíhalo s využitím již dříve jinde použitých cihel. Klasickým příkladem je například užívání cihel získaných při demolici prvků tereziánského opevnění v Olomouci (cihly s orlicí a iniciálami F.M.T.). S těmito cihlami se dnes setkáváme ve stavbách z přelomu 19. a 20. století nejen v okolí Olomouce, ale například i na Znojemsku.

3. Cihly v rámci diagnostiky mostu ev. č. 36719-2 přes říčku Brodečku v obci Dobromilice, okres Prostějov

3.1 Popis mostní konstrukce

Most ev. č. 36719-2 překlenuje říčku Brodečku a mlýnský náhon v obci Dobromilice, okres Prostějov. Jedná se o poměrně atypickou konstrukci, neboť most je zděný z kamene, parapetní zdi pak z cihelného zdiva. Z hlediska konstrukčního uspořádání se jedná o most o třech polích tvořených zděnými kamennými klenbami – viz. Obr. 1. Podle zjištěných historických údajů pochází kamenná konstrukce pravděpodobně ze 16. století, v polovině století 18. byla doplněna dvěma sochami světců.



Obrázek 1.: Most ev. č. 36719-2 přes Brodečku v obci Dobromilice, okres Prostějov

3.2 Cihly v konstrukci - typologie

Pravděpodobná geneze použití plných cihel v mostní konstrukci

Použití cihel v původně kamenné konstrukci mostu se pravděpodobně datuje od rekonstrukce v polovině 18. století, kdy byla stávající konstrukce doplněna zděnými parapety a sokly se sochami sv. Jana Nepomuckého a sv. (tehdy Blahoslaveného) Jana Sarkandera. Zde použité plné pálené cihly jsou dále označovány jako typ C1.

K další úpravě došlo patrně při výstavbě náhonu a jeho překlenutí při severní straně mostu (směr Pivín). S překlenutím náhonu byl prodloužen

i parapet na návodní straně mostu. Cihly zde použité jsou dále značeny jako typ C2.

Zatím poslední doplnění cihelného zdiva souvisí s opravami parapetů poškozených provozem v průběhu 20. století. Dle data na omítce na koruně parapetu na povodní straně mostu lze tyto opravy datovat rokem 1968. Cihly zde použité jsou dále značeny jako typ C3.

Cihly C1

Jde o nejstarší cihly v mostní konstrukci, pocházející pravděpodobně z poloviny 18. století. Tyto cihly byly použity k vyzdění obou parapetů mostu, v souvislosti s osazením dvou soch světců. Tyto původní části parapetů jsou řešeny jako smíšené zdivo, vrstvy cihel jsou kombinovány s vrstvami kamennými. Cihly tohoto typu jsou užity i v soklech pod oběma sochami. Jde poměrně typické cihly své doby, v některých kusech lze pozorovat hrubou strukturu užitého vápenného ostřiva. Typické jsou i nerovnosti ploch, nedokonalé vtlačení cihlářské hlíny do formy a v některých kusech i rozsáhlé vnitřní trhliny vzniklé smrštěním při výpalu. Formát cihel odpovídá obecně období před metrologickou reformou (viz. výše). Bohužel, rozdíly rozměrů cihel před rokem 1883 jsou navzdory předpisům tak variabilní, že potvrdit 100% jejich přesné stáří pouze na základě rozměrů nelze, v tomto případě datování podporuje logika vzhledem k doložené dataci přestavby konstrukce.

V koruně parapetů jsou cihly vyzděny tak, že cihly jsou umístěny nastojato, vždy čtyři v příčném směru, k nim je přizděna jedna ve směru podélném s tím, že podélná cihla je střídavě situována na vnitřní a vnější straně parapetu (viz Obr. 2).



Obrázek 2.: Pohled na korunu parapetu na návodní straně mostu, cihly jsou umístěny specifickým způsobem popsáním výše.

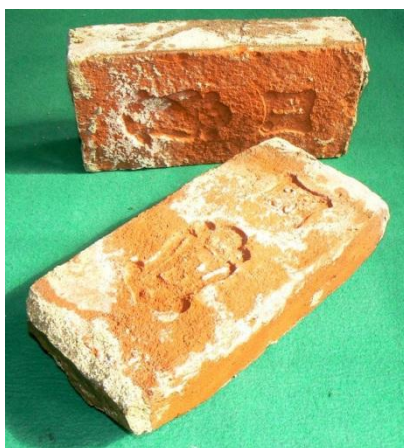
Cihly C2

Při přemostění náhonu na severní straně mostu byly pro zaklenutí náhonu a prodloužení parapetu na návodní straně použity cihly značené kolkováním.

Kolek na cihlách má podobu erbu v ozdobném ornamentu, ve štítu s písmenem B. Erb je opatřen knížecí korunkou. Formát odpovídá stejně jako v případě cihel C1 období před metrologickou reformou ke 14. 4. 1883.

Užití tzv. negativního kolku naznačuje, že byly vyrobeny po roce 1836, kdy bylo značení cihel ustaveno císařským výnosem jako povinné. Vznik těchto cihel je tedy možno datovat mezi roky 1836 a 1883.

Kolek užitý na cihlách naznačuje, že cihly byly patrně vyrobeny v cihelně, patřící rodu (korunka na kolku) Bukůwků z Bukůwky (písmeno B), který měl v majetku Dobromilice mezi léty 1835 do roku 1870, což přesně koresponduje s předpokládanou datací těchto cihel.



Obrázek 3.: Dvojice cihel typu C2 (vzorky C2-1 a C2-2), pocházející z parapetu nad zaklenutím náhonu. Korunované písmeno B v kolku, by mohlo naznačovat původ v cihelně rodu Bukůwků z Bukůwky.

Cihly C3

Jde o cihly běžného velkého formátu 290x140x65 mm typické pro 20. století, se stopami strojní výroby na povrchu. Lze je pravděpodobně datovat do roku 1968, což je letopočet vyskytující se na omítce koruny parapetu na povodní straně. Byly použity o doplnění parapetů v místech poškození provozem.



Při náhradě poškozených částí parapetu nebyla dodržena střídavá vazba zdiva na koruně parapetu, užitá ve zdivu původním, což mělo za následek větší poškození této nejnovější části povětrností a provozem.

Rozměry cihel

Pro stanovení fyzikálních a mechanických vlastností jednotlivých typů cihel byly použity cihly odebrané z konstrukce. Tyto cihly byly současně použity jako reprezentativní vzorky jednotlivých typů cihel užitých v konstrukci pro stanovení rozměrů.

Tabulka 1.: Rozměry cihel odebraných z konstrukce

Vzorek	Rozměry v mm			Rozměry v dolnorakouských palcích			Předpokládaný rozměr dle předpisu
	a [mm]	b [mm]	c [mm]	a [mm]	b [mm]	c [mm]	
C1 - 1 (1. typ)	301	145	72	11,43	5,50	2,73	11¹/₂ x 5¹/₄ x 2¹/₂ palce (pozn. 1.1) nebo 11 x 5¹/₄ x 2²/₃ palce (pozn. 1.2)
C1 - 2 (1. typ)	302	147	72	11,47	5,58	2,73	11¹/₂ x 5¹/₄ x 2¹/₂ palce (pozn. 1.1) nebo 11 x 5¹/₄ x 2²/₃ palce (pozn. 1.2)
C2 - 1 (2. typ)	298	148	73	11,31	5,62	2,77	11¹/₂ x 5³/₄ x 2³/₄ palce (pozn. 1.3) nebo 11 x 5¹/₂ x 2³/₄ palce (pozn. 1.4)
C2 - 2 (2. typ)	294	148	73	11,16	5,62	2,77	11¹/₂ x 5³/₄ x 2³/₄ palce (pozn. 1.3) nebo 11 x 5¹/₂ x 2³/₄ palce (pozn. 1.4)
C3 (3. typ)	292	142	66	-	-	.	290 x 140 x 65 mm

Pozn. 1.1: Dle nařízení Leopolda I. z 6. 9. 1686 - 1. cejchovaný model

Pozn. 1.2: Dle nařízení z roku 1715

Pozn. 1.3: Dle cirkuláře Moravského zemského gubernia ze 17. 8. 1810.

Pozn. 1.4: Dle Všeobecné instrukce pro rozpočty pro monarchii z roku 1831.

3.3 Zkoušky cihel

Metodika zkoušek cihel

Pevnost v tlaku zdících prvků se určuje podle ČSN EN 772-1 [4] jako průměrná pevnost v tlaku stanoveného počtu vzorků celých zdících prvků. Norma připouští rovněž zkoušet reprezentativní části zdících prvků. Tato reprezentativní tělesa, např. krychle nebo válce, se mají vyřezat z různých míst prvku (myšleno na okraji, uvnitř).

Pevností v tlaku zdících prvků, uvažovanou při návrhu, je normalizovaná pevnost v tlaku f_b .

Normalizovaná pevnost v tlaku se získá přepočtem pevnosti zdících prvků na pevnost ve stavu přirozené vlhkosti $(6\pm 2)\%$, pokud nebyla v tomto stavu již stanovena, a vynásobí se součinitelem vlivu výšky a šířky zdících prvků δ .

V praxi diagnostických průzkumu zděných konstrukcí bývá často obtížné odebrat bez poškození celé vzorky zdících prvků, a proto je možné (i s ohledem na možnost vyřezání reprezentativních vzorků) použít pro odběr vzorků jádrové vrtání. V praxi se používají vývrty o průměru 50 mm, z nichž se vyřezou válcová tělesa. Problémem je, že směr jejich zatěžování v lisu není totožný se směrem zatížení v konstrukci (vývrty jsou většinou vodorovné). Při použití vývrty o průměru 75 mm tento problém odpadá a je možné vyřezat krychli o velikosti 50×50×50 mm a zatěžovat ji stejným způsobem jako v konstrukci.

Pevnost v tlaku zkušebních těles $f_{b,i}$ v MPa se počítá ze vztahu

$$f_{b,i} = F/A, \quad (1)$$

kde F je zatížení při porušení vzorku, v N;
 A je tlačná plocha vypočtená ze změřených rozměrů vzorku, v mm².

Normalizovaná pevnost v tlaku zdících prvků f_b v MPa se počítá ze vztahu

$$f_b = f_{b,i} \delta, \quad (2)$$

kde δ je součinitel vlivu výšky a šířky zdících prvků.

Normalizovanou pevnost v tlaku zdících prvků lze zpětně přepočítat na pevnost v tlaku celých zdících prvků, podle níž lze přiřadit pevnostní třídu.

Zkušební tělesa

Pro stanovení fyzikálních a mechanických vlastností jednotlivých typů cihel byly použity cihly odebrané z konstrukce, šlo o cihly již dříve uvolněné v porušených částech konstrukce (zde budou prezentovány pouze pevnosti v tlaku).

Z každé odebrané cihly byla pro zkoušky pevnosti v tlaku vytvořena zkušební tělesa v podobě krychlí o hraně 50 mm.

Výsledky zkoušek cihel prokázaly vcelku očekávanou kvalitu cihel různého stáří. Normalizovaná pevnost v tlaku f_b byla vypočtena podle ČSN EN 772-1 [4] z průměrné pevnosti $f_{b,u}$ na základě rozměrů zkušebních těles. Pevnostní značka cihel byla přidělena podle Národní přílohy NA (informativní) normy ČSN EN 771-1 [3] jako nejbližší nižší.

Zatřídění cihel bylo provedeno podle výsledků zkoušek ve stavu vysušeném na reprezentativních částech cihel. V případě jednotlivých typů cihel se jedná o pevnostní třídu:

Typ C1 – pevnostní třída 15;

Typ C2 – pevnostní třída 15;

Typ C3 – pevnostní třída 20.

4. Závěr

Jak dokumentuje příklad části průzkumu konstrukce mostu ev. č. 36719-2 přes Brodečku v obci Dobromilice, okres Prostějov, identifikace stáří a původu historických cihel v konstrukci je sice možná, ale jako kombinace zjištěných historických a stavebně technických dat o konstrukci, a zjištěných rozměrů podoby cihlářských výrobků. Bohužel, rozdíly rozměrů cihel před rokem 1883 jsou navzdory předpisům tak variabilní, že 100% potvrdit jejich zcela přesné stáří pouze na základě rozměrů nelze. Tato variabilita je známá například z Hlášení dvorské kanceláři o vyšetření stavu výroby cihlářských výrobků v Čechách z let 1837/1838, kdy bylo konstatováno, že ve všech krajích kolísá délka mezi 10 a 12 palci (předpis 11) a šířka mezi 5 a 6 palci (předpis $5\frac{1}{2}$), poměry na Moravě byly jistě obdobné [6].

Co se týká pevností v tlaku u zkoušených typů cihel, korespondují s pevnostmi uvedenými pro adekvátní typy cihel v literatuře [2].

Poděkování

Příspěvek byl vytvořen s podporou výzkumného záměru MSM 0021630519.

Literatura

- [1] ČSN ISO 13822 Navrhování stavebních konstrukcí - Hodnocení existujících konstrukcí
- [2] Pume, D., Čermák, F. a kol.: Průzkumy a opravy stavebních konstrukcí, Praha, Arch, 1993
- [3] ČSN EN 771-1 Specifikace zdicích prvků - Část 1: Pálené zdicí prvky
- [4] ČSN EN 772-1 Zkušební metody pro zdicí prvky – Část 1: Stanovení pevnosti v tlaku.
- [5] Josef, D.: Encyklopedie mostů v Čechách, na Moravě a ve Slezsku, Libri, 2002
- [6] Ebel, M.: Rozměry cihlářských výrobků, Dějiny staveb, 2001

Kontakt

Ing. ONDŘEJ ANTON, Ph.D., tel: 00420 541 147 823, e-mail: anton.o@fce.vutbr.cz, Ústav stavebního zkušebnictví, Fakulta stavební, VUT v Brně, Veveří 95, 602 00 Brno.

Ing. PETR CIKRLÉ, Ph.D., tel: 00420 541 147 814, e-mail: cikrle.p@fce.vutbr.cz, Ústav stavebního zkušebnictví, Fakulta stavební, VUT v Brně, Veveří 95, 602 00 Brno.

Ing. VĚRA HEŘMÁNKOVÁ, Ph.D., tel: 00420 541 147 817, e-mail: hermankova.v@fce.vutbr.cz, Ústav stavebního zkušebnictví, Fakulta stavební, VUT v Brně, Veveří 95, 602 00 Brno.

STANOVENÍ VNITŘNÍHO VYZTUŽENÍ HISTORICKÝCH PLASTIK

DETERMINING THE INNER REINFORCEMENTS OF HISTORICAL SCULPTURES

**Ondřej Anton, Petr Cikrle,
Věra Heřmánková**

Ústav stavebního zkušebnictví, FAST, VUT v Brně

Anotace:

Součástí stavebních konstrukcí, jsou často sochy a plastiky. V součásti oprav a rekonstrukcí objektů je i diagnostika plastik, zejména určení podoby a polohy vnitřních kovových spojovacích prvků. V následujícím textu budou představeny dva způsoby lokalizace kovových výztuží plastik v praktických příkladech.

Annotation:

Building constructions often include statues and sculptures. When it comes to repairs or reconstructions, a diagnosis of sculptures is needed, most importantly the determining of a form and a location of metal fasteners. The following text will introduce two methods of localisation of the metal reinforcements in the sculptures used in practical examples.

Klíčová slova: *historické sochy, kovová výztuž, diagnostika*

Keywords: *historical statues, metal reinforcement, diagnostics*

1. Problematika průzkumu historických plastik

Součástí stavebních konstrukcí, zejména historických jsou často sochy a plastiky dotvářející architektonický záměr architekta či stavitele, případně tvořící základní část objektu samotného (sochy světců na mostech, morových sloupech a podobně). V rámci oprav a rekonstrukcí objektů stojí před stavební diagnostikou i průzkum a diagnostika samotných plastik, jakožto podklad pro zvážení jejich opravy či naopak snesení a nahrazení adekvátními kopiemi. V případě plastik vytvořených v průběhu dvacátého století z betonu, či umělého kamene se automaticky předpokládá existence vnitřního ocelového vyztužení, méně známým je fakt, že u historických středověkých, či raně novověkých soch a soch a soch a soch rovněž může existovat vnitřní kostra nebo přesněji řečeno kovové spojovací prvky. Jejich použití je dáno nutností vytvářet plastiky z jednotlivých spojovaných dílů, z důvodu zjednodušení výroby samotné, i následného transportu a osazení na stavební konstrukci.

Při diagnostice těchto historických plastik je pak nutná spolupráce historiků a restaurátorů se statiky a diagnostiky, a použití metod a postupů vlastních všem zmíněným oborům. V následujícím textu budou představeny dva způsoby lokalizace kovových výztuží v praktických příkladech.

2. Sousoší „Zdraví“ – užití elektromagnetické metody

2.1 Sousoší „Zdraví“ na objektu Zahradníková 2-8/Nerudova 11 v Brně

Sousoší je součástí hlavního vchodového průčelí se sloupovou kolonádou, sochařskou výzdobou a terasou, které byly součástí architektury bývalé Okresní nemocenské pokladny, postavené podle projektu Ing. Arch. Jindřicha Kumpošta v letech 1920-24. Sochařskou výzdobu tvoří sedm alegorických mužských postav v nadživotní velikosti (šest klečících postav má skloněnou hlavu a prostřední sedmá je vztyčená), uložených na krátkých nosnících, spočívajících na obvodové zdi stavby a na hlavicích sloupů. Figurální výzdoba je prací sochaře Václava Macha. V rámci rekonstrukce průčelí byl řešen neuspokojivý stav sousoší, daný výskytem závažných projevů degradace. Jednalo se zejména o všesměrné praskliny, někde natolik široké, že při změně počasí (vysoká teplota,

děšť, mráz, sníh) docházelo k částečnému rozvolnění povrchové vrstvy postav a k pádu částí povrchové vrstvy – to zdůvodňovalo ochranné zajištění vstupní části stavby. Bylo zjištěno, že vlastní hmotou soch byl umělý kámen, s poměrně vysokou zaručenou pevností v tlaku (30 MPa). Vnitřní části soch byly vylehčeny vložkami fragmentů pálených cihel. Pro udržení tvaru byly též postavy vyztuženy kovovou výztuží, jejíž poloha nebyla známa, zjištění přesné polohy bylo nezbytné k posouzení možnosti rekonstrukce plastik.

2.2 Elektromagnetická metoda určení polohy výztuže

Jednou z nedestruktivních metod používaných ve stavební praxi je metoda magnetických indikátorů výztuže, popsána v ČSN 73 2011. Starší typy přístrojů dokázaly identifikovat magnetické kovy do hloubky přibližně 60 mm (v závislosti na velikosti prvku). U novějších přístrojů, mezi něž patří i Profometer 3, se značně zvětšil dosah, běžně lze nalézt ocelovou výztuž ve výjimečných případech až v hloubce 220 mm.

Metoda indikátorů výztuže má svoje omezení. Lze ji s různou mírou úspěšnosti použít pro zjištění následujících skutečností:

- Stanovení, zda se jedná o beton prostý nebo vyztužený.
- Stanovení přesné **polohy** výztuže, tj. zjištění přesného rozmístění výztužných vložek v železobetonovém prvku. V případě větší vrstvy překrytí výztuže betonem nejsou schopny některé přístroje rozeznat počet prutů. Profometer 3 je velmi citlivý přístroj, s jehož pomocí lze rozeznat i pruty ležící velmi blízko sebe.
- Stanovení **krytí** výztužné vložky. Pokud je znám průměr výztuže a přesné rozmístění jednotlivých vložek, lze pomocí korekcí zjištěných měření na modelu konstrukce určit krytí výztuže velmi přesně (± 1 mm až do hloubky 50 mm).
- Stanovení **průměru** výztužné vložky. S pomocí speciální **průměrové sondy** je Profometer 3 schopen za podmínek stanovených výrobcem zjistit poměrně přesně průměr výztuže zcela nedestruktivním způsobem. Úspěšnost stoupá s klesajícím krytím a zvětšující se vzdáleností mezi jednotlivými pruty. Je třeba dodržet minimální vzdálenost prutů v podélném i příčném směru, což je ovšem v praxi obtížné. Pokud je vzdálenost prutů menší než předepsaná, pak sice přístroj změří průměr, ovšem s určitým zkreslením (při malé vzdálenosti prutů nelze průměr změřit vůbec). Zkreslení naměřené hodnoty lze eliminovat kalibrací sondy na modelu. V každém případě je vhodné alespoň část prutů obnažit a průměr ověřit změřením. Při obnažení prutu lze zjistit druh výztuže.

2.3 Stanovení vyztužení plastik

Vzhledem k rozměrům plastik, předpokládané poloze vyztužení a možnosti ověřit destruktivně výsledky na nejvíce poškozené plastice byla pro průzkum zvolena elektromagnetická metoda. S pomocí přístrojů Profometer 3 s hloubkovou sondou byly prozkoumány plastiky č. 2 (určená k destruktivnímu průzkumu) a č. 4 (atypická, prostřední - vztyčená pozice).

V plastice č. 2 bylo zjištěno po jednom výztužném prutu v obou rukách (prut začíná bezprostředně nad nosníkem nesoucím plastiku, nelze vlivem hloubky uložení přesně určit, kam pokračují pruty z ramenní části plastiky, pokud vůbec pokračují). Další prut spojuje hlavu s trupem, i zde za ramenní částí již nelze detekovat. Partie zad však není vyztužena vůbec. Destruktivně bylo zjištěno, že všechna zmíněná výztuž je průměru 20 mm, z hladké oceli. Výztuž není v obnažených partiích zkorodována. Poloha výztuží je vyznačena schematicky v obr. 1.



Obrázek 1.: Znázornění zjištěného průběhu ocelové výztuže v plastice č.2

V plastice č. 4 byl detekován pouze jediný prut výztuže směřující z hlavy plastiky do spodní části zad. Profil nebyl destruktivně zjištěn (z důvodu snahy nepoškodit dotčenou plastiku). Poloha výztuže je vyznačena schematicky v obr. 2.

Bohužel, jak již bylo řečeno, díky omezení hloubkového dosahu magnetických indikátorů není možné stanovit průběh vyztužení tam, kde je výztuž příliš vzdálena od povrchu plastiky. Vzhledem k rozměrům plastiky bylo však zjištěno veškeré její vyztužení.



Obrázek 2: Znárodnění zjištěného průběhu ocelové výztuže v plastice č. 4.

2.4 Sousoší „Zdraví“ – závěry

V případě průzkumu plastik sousoší „Zdraví“ se ukázalo, že v tomto případě byla elektromagnetická metoda dostačující, a poskytla potřebné podklady pro další posouzení sousoší. Výhodou použitých přístrojů byl

fakt, že pro svou činnost nepotřebují dostatečně velkou a rovnou plochu povrchu konstrukce, jako přístroje sofistikovanější, pracující s několika elektromagnetickými cívkami, nebo metody založené na bázi radaru a podobně.

Na základě provedených zkoušek bylo možno konstatovat, že v obou typech plastik (č. 2 a č. 4) bylo lokalizováno jen velmi slabé vyztužení některých prvků, což v dalších krocích vyústilo v náhradu celého sousoší formou železobetonových replik.

3. Socha archanděla Michaela z Malešovic

3.1 Ruka sochy archanděla Michaela z Malešovic

Cílem průzkumu bylo zjištění existence, respektive podoby vyztužení dodaného fragmentu barokní sochy Archanděla Michaela z Malešovic. Šlo o pravou ruku sochy, odlomenou pod ramenem, která měla být spolu se zbytkem sochy restaurována. Na fragmentu byly dále patrné tři další lomy, a to v lokti, polovině předloktí a v zápěstí. Tato poškození byla v minulosti neznámým způsobem spojena a místy dotmelená. Provedené zkoušky měly ověřit, zda je fragment sochy jakkoli vyztužen, jak v místě lomů, tak mimo ně. V tomto případě bylo nezbytné užití zcela nedestruktivní metody, která by ale byla schopna naprosto přesně určit veškeré vnitřní vyztužení fragmentu sochy. V tomto případě jsou přesnost a možnosti elektromagnetické metody nedostatečné.

3.2 Radiografická metoda určení polohy výztuže

Rozmístění výztuže v objektu bylo určováno radiografickou metodou. Tato progresivní metoda (popsaná v ČSN 73 1376) je založena na využití průchodu rentgenového záření, resp. záření gama materiálem, kdy je záření zeslabováno v závislosti na tloušťce materiálu a jeho hustotě. Prošlé záření poté dopadá na radiografický film, který po vyvolání vykazuje zčernání, odpovídající dávce záření, které byly jednotlivé části filmu vystaveny. Jakékoli nehomogenity v prozařované oblasti (kovová výztuž) se pak na filmu jasně zobrazí různým zčernáním filmu.

V případě určování polohy kovové výztuže v betonu (nebo v tomto případě kameni) je radiografická metoda optimálně přesná, poloha a průměr výztužných vložek jsou určeny s přesností $\pm 1\text{mm}$.

3.3 Stanovení vyztužení fragmentu plastiky

Jako zdroje záření bylo použito makrostrukturálního rentgenu Andrex CP 490 – 160 kV. Radiografie se uskutečnila v ozařovně Střediska radiační defektoskopie, Ústavu stavebního zkušebnictví, Vysokého učení technického v Brně. Při prozařování byly použity expoziční parametry zajišťující ideální zobrazení případných kovových částí ve fragmentu sochy, a byla zvolena vyšší ohnisková vzdálenost (1250 mm).

Radiogramy byly exponovány na filmy Agfa Testix C7 + Pb v komorovém balení o rozměrech 0,3 x 0,4 m, umístěné v kazetách. Exponované filmy byly vyvolány v laboratoři Střediska radiační defektoskopie standardním postupem.

Vzhledem k větším rozměrům fragmentu, oproti standardním rozměrům radiografických filmů (300 x 400 mm), byl fragment exponován po délce nadvkrát. Navíc byla radiografie prováděna vždy dvakrát, s pootočením fragmentu v podélné ose o 90 stupňů (aby byl případně vyloučen zákryt jednotlivých výztuží - kontrolní geometrie 1 a 2).

Zkoumaný fragment sochy byl označen olověnými značkami, které vymezovaly vzdálenost od konce v ramenní části (např. značka ▲1 označuje vzdálenost 100mm od ramenního konce fragmentu, značka ▲2 200 mm atd.), značky jsou dobře patrné na fotografiích i radiogramech.



Obrázek 3.: Radiografie pískovcové ruky od ramene k zápěstí v geometrii 1, pohled od rentgenky (z ohniska prozařování)



Obrázek 4.: Radiogram pískovcové ruky od ramene k zápěstí - dobře patrné jsou kovové spojovací prvky v obou místech lomu (v lokti a polovině předloktí) i původní výztuž končící v lokti. Na snímku jsou dobře vidět i předvrtané otvory pro vložení spojovacích prvků v místech lomů. Je patrný i otvor, v němž je uložena původní výztuž, vyplněný sírou.

3.4 Ruka archanděla Michaela – závěry

Provedená radiografie jednoznačně zobrazila veškeré původní, i dodatečné vyztužení zkoumané části sochy.

Původní vyztužení - je tvořeno jedním, patrně kovaným tyčovým prvkem o průměru cca 13 mm. Tento prvek původně spojoval ruku s korpusem sochy, a končí na úrovni lokte, v rovině prvního opraveného lomu. Zobrazení tohoto ztužujícího prvku je dobře patrné na obr. 4. Výztuž je umístěna v otvoru průměru cca 20 mm, který je utěsněn sírou.

Dodatečné vyztužení 1 - bylo zjištěno v místech zapraveného lomu v místě lokte ruky. Vyztužení je tvořeno dvěma ocelovými výztužemi průměru cca 6 mm a délky cca 53 a 55 mm. Podle úpravy povrchu

výztuže, patrné na radiogramu, jde patrně o ustřižený kus tzv. sítě do betonu kari.

Na radiogramech je dobře patrné, že výztuže byly vsunuty do předvrtaných otvorů v obou fragmentech, otvory o cca o 11 – 17 mm přesahují vloženou výztuž. Podle způsobu zobrazení předvrtaných otvorů lze usoudit, že buď nejsou vyplněny vůbec, nebo jsou vyplněny materiálem hustoty výrazně nižší, než je objemová hmotnost pískovce ruky.

Dodatečné vyztužení 2 - bylo zjištěno v místech zapraveného lomu v polovině předloktí. Vyztužení je tvořeno jednou ocelovou výztuží průměru cca 6 mm a délce cca 70 mm. Podle úpravy povrchu výztuže, patrné na radiogramu, jde patrně o ustřižený kus tzv. sítě do betonu kari. Na radiogramech je dobře patrné, že výztuž byla vsunuta do předvrtaného otvoru v obou fragmentech, stejně jako v případě dodatečného vyztužení 1. Zobrazení tohoto ztužujícího prvku je dobře patrné na obr. 4.

V posledním lomu v místě zápěstí ruky se žádné vyztužení nevyskytuje. Spoj je očividně spojen pouze lepením.

4. Závěr

Jak je zjevné z výše uvedených příkladů, určení vyztužení historických plastik s požadovanou přesností je s použitím jedné ze zmíněných metod, nebo jejich kombinací, bez problémů realizovatelné.

Výhodou obou metod je možnost jejich použití in situ, pouze v případě užití radiografie je užití v terénu spojeno s adekvátními bezpečnostními opatřeními v okolí místa prozařování.

Poděkování

Příspěvek byl vytvořen s podporou výzkumného záměru MSM 0021630519.

Literatura

- [1] ČSN 73 2011 Nedestruktivní zkoušení betonových konstrukcí
- [2] ČSN 73 1376 Radiografie betonových konstrukcí a dílců
- [3] Pume, D., Čermák, F. a kol.: Průzkumy a opravy stavebních konstrukcí, Praha, Arch, 1993

Kontakt

Ing. ONDŘEJ ANTON, Ph.D., tel: 00420 541 147 823, e-mail: anton.o@fce.vutbr.cz, Ústav stavebního zkušebnictví, Fakulta stavební, VUT v Brně, Veverří 95, 602 00 Brno.

Ing. PETR CIKRLÉ, Ph.D., tel: 00420 541 147 814, e-mail: cikrle.p@fce.vutbr.cz, Ústav stavebního zkušebnictví, Fakulta stavební, VUT v Brně, Veverří 95, 602 00 Brno.

Ing. VĚRA HEŘMÁNKOVÁ, Ph.D., tel: 00420 541 147 817, e-mail: hermankova.v@fce.vutbr.cz, Ústav stavebního zkušebnictví, Fakulta stavební, VUT v Brně, Veverří 95, 602 00 Brno.

DLOUHODOBÉ MECHANICKÉ VLASTNOSTI BETONŮ S VYPALOVANOU ČERNOUHELNOU HLUŠINOU

LONG-TERM MECHANICAL PROPERTIES OF CONCRETE WITH BURNING COAL TAILINGS

Michal Batelka, Jiří Adámek

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav
stavebního zkušebnictví

Anotace:

Jednou z možností zpracování černouhelných hlušin je výroba nového druhu umělého kameniva na principu samovýpalu. Cílem prací bylo poukázat na možnosti využití tohoto kameniva v betonových konstrukcích. Předmětem příspěvku jsou nejen výsledky dosažené po 360 dnech zrání, ale také jejich porovnání s vlastnostmi běžně vyráběných betonů.

Annotation:

One of the options for the treatment of coal tailings is production a new kind of artificial aggregate on the self-burning principle. The aim of the work was to demonstrate the possibility of using this aggregate in concrete structures. Subject of the paper are not only the results obtained after 360 days of ripening, but also to compare them with the properties commonly manufactured concrete.

Klíčová slova: Uhelná hlušina, samovýpal, mechanické vlastnosti, dlouhodobé zkoušky

Keywords: Coal tailings, self-burning, mechanical properties, long-term tests

1. Úvod

Během posledních několika let řeší Ústav stavebního zkušebnictví ve spolupráci se společností Svoboda a syn, s.r.o. problematiku zaměřenou na možnost využití vypalovaných černouhelných hlušin. Vzhledem k povaze a výrobním nákladům vyrobeného umělého kameniva byly výzkumné práce v poslední době zaměřené na rozsáhlé betonářské zkoušky, které poukázaly na specifické možnosti jeho užití. Výroba a vlastnosti umělého kameniva byly prezentovány během několika posledních let na několika tuzemských a zahraničních konferencích, a proto nebyly do tohoto článku uváděny.

Náplň tohoto příspěvku je výhradně zaměřena na porovnání základních mechanických vlastností betonů s novým druhem umělého kameniva, s betony, při nichž bylo použito kamenivo přírodní. Vybrané mechanické vlastnosti obou druhů betonů byly v tomto případě sledovány v průběhu 360 dní.

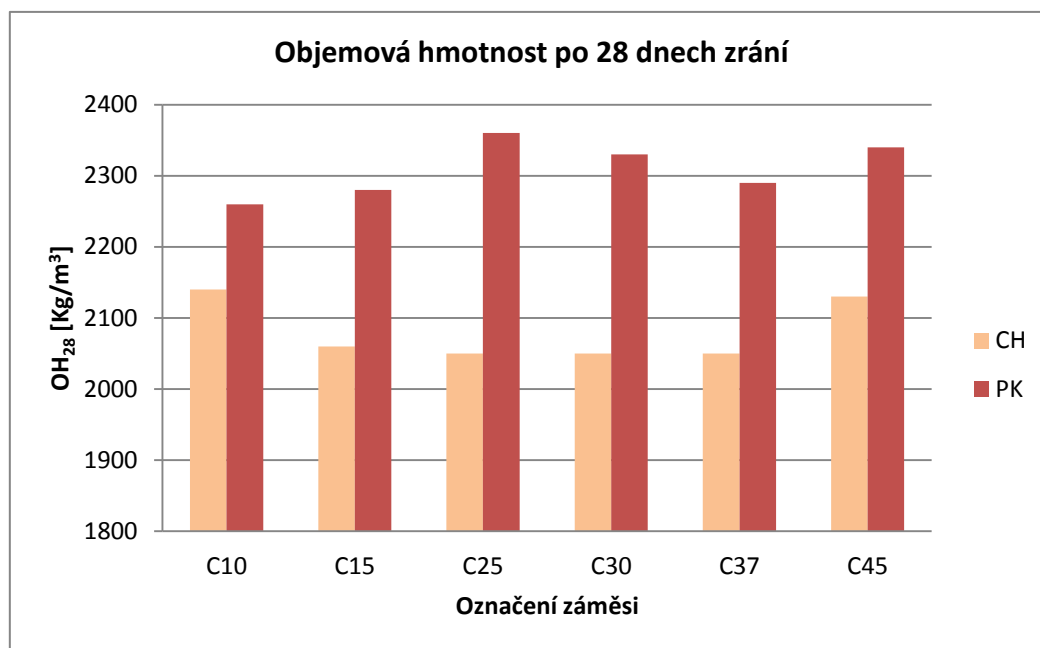
2. Vybrané receptury betonů

Návrh prací byl prováděn takovým způsobem, aby bylo následně možné posoudit co největší rozsah tříd betonů především s ohledem na možnosti použitého plniva. V první fázi byly vyrobeny betony jak s přírodním, tak umělým kamenivem. Vzhledem k dosavadním zkušenostem nebyl i přes charakter umělého kameniva zvolen návrh pro lehké betony. Složení jednotlivých betonových receptur bylo dodáno nejmenovanou společností a nebylo doporučeno je dále publikovat.

Možnost použití nového druhu umělého kameniva ze spékaných černouhelných hlušin byla sledována na těchto vybraných pevnostních třídách: C8/10, C12/15, C25/30, C30/37, C35/45.

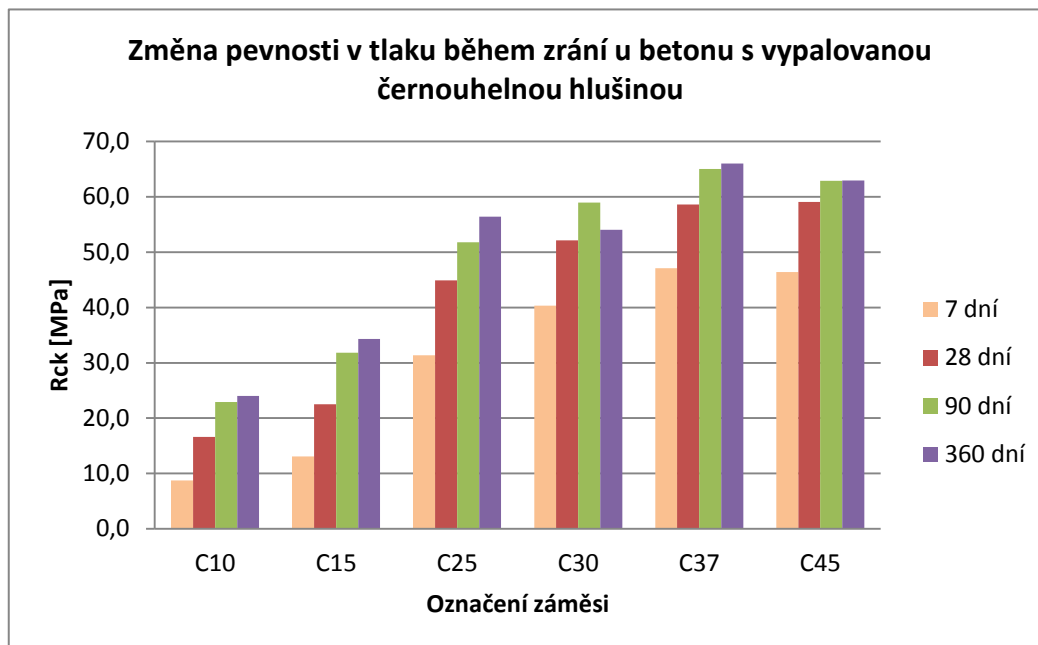
Vybrané vlastnosti jsou uvedeny v následující kapitole.

3. Posouzení vlastností



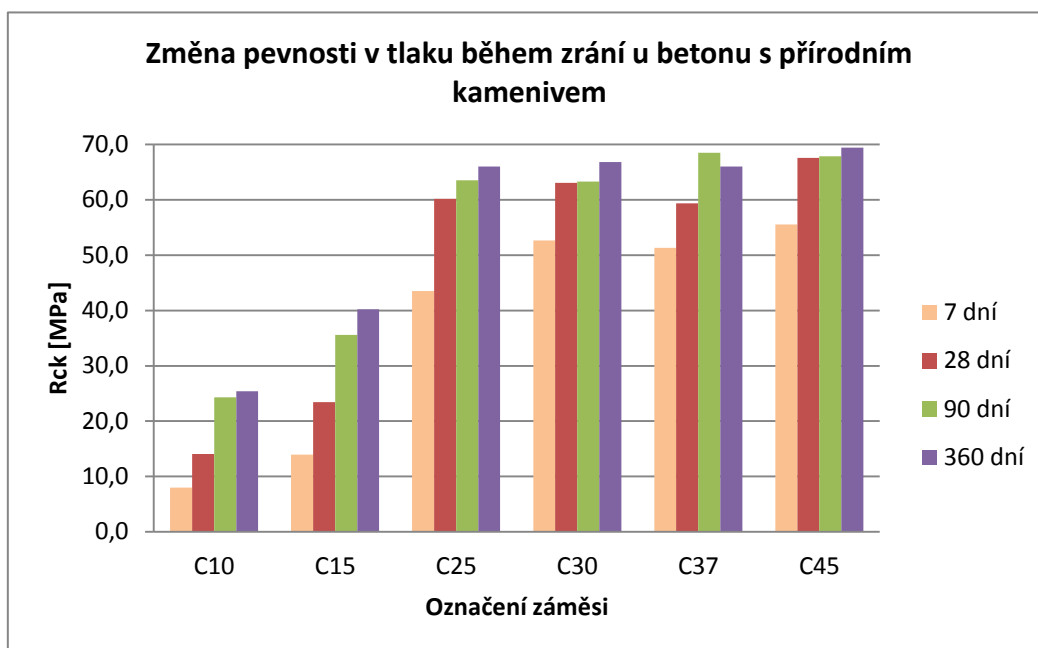
Graf 1.: Porovnání objemové hmotnosti betonů s přírodním a umělým kamenivem po 28 dnech zrání

Objemová hmotnost betonů s vypalovanou černouhelnou hlušinou se po 28 dnech zrání pohybovala v rozmezí 2050-2150 Kg/m³ v závislosti na použité receptuře. Nejnižších hodnot bylo v tomto případě dosaženo u tříd C12/15 C20/25 a C30/37. Vzhledem k tomu, že v případě záměsi C20/25 bylo použito největšího množství plniva frakce 4-8 a 8-16 mm, byla objemová hmotnost betonů s přírodním kamenivem u této třídy největší. Ve výsledku lze říci, že betony s vypalovanou černouhelnou hlušinou mají objemovou hmotnost při porovnání s betony běžně vyráběnými nižší o 15 %.



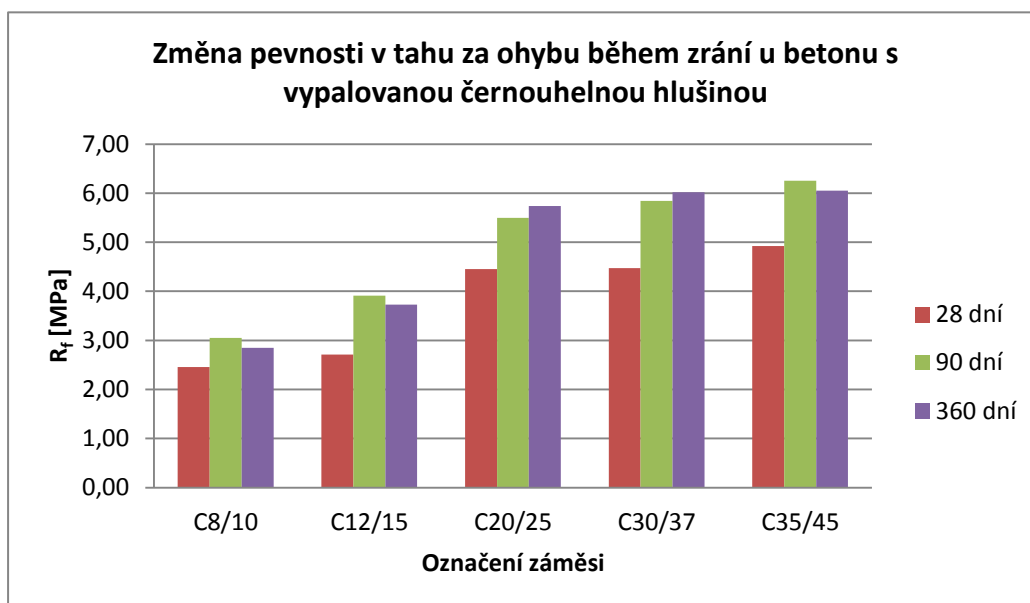
Graf 2.: Porovnání pevnosti v tlaku betonů s umělým kamenivem po 7, 28, 90 a 360 dnech zrání

Z grafického přehledu, který vyjadřuje změnu pevnosti v tlaku v průběhu zrání u betonu s upravenou černouhelnou hlušinou lze vyzorovat několik poznatků. U všech sledovaných vzorků, došlo po 7 dnech hydratace k poměrně velkému nárůstu pevností. Do třídy C20/25 bylo dosaženo až 50% z pevnosti stanovené po 360 dnech zrání, u tříd vyšších bylo po 7 dnech dosaženo téměř 80 %. Výsledné pevnosti v tlaku (po 28 dnech) v případě betonů s umělým kamenivem u všech zkoušených vzorků výrazně převýšily návrhové parametry. Nárůst pevností po 90 dnech byl již ve většině případů nepatrný a ze zjištěných informací lze konstatovat, že zrání betonu s ohledem na mechanické vlastnosti po 90 dnech nemá významný vliv obdobně jako u běžných betonů.

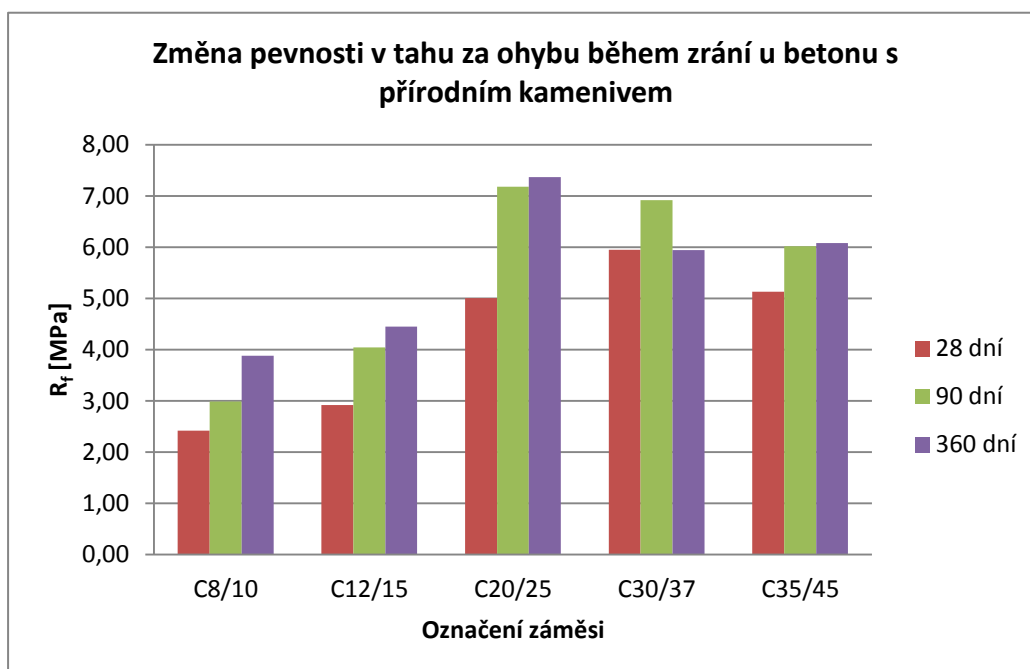


Graf 3.: Porovnání pevnosti v tlaku betonů s přírodním kamenivem po 7, 28, 90 a 360 dnech zrání

Z tohoto grafického přehledu je možné vypočítat mimo jiné hlavní rozdíly mezi jednotlivými třídami u běžně vyráběných betonů s přírodním kamenivem, a také je následně porovnat s betony, při jejichž výrobě bylo použito nového druhu umělého kameniva. Návrhové pevnosti u jednotlivých betonů byly opět výrazným způsobem překonány. Nárůst pevnosti byl v tomto případě obdobný jako u betonů s vypalovanou hlušinou. Pevnosti v tlaku jsou v případě betonů s přírodním kamenivem o řádově o 2-15% vyšší než s kamenivem umělým.



Graf 4.: Porovnání pevnosti v tahu za ohybu betonů s umělým kamenivem po 7, 28, 90 a 360 dnech zrání



Graf 5.: Porovnání pevnosti v tahu za ohybu betonů s přírodním kamenivem po 7, 28, 90 a 360 dnech zrání

Změna pevnosti v tahu za ohybu byla v našem případě sledována po 28, 90 a 360 dnech zrání. Z předchozích dvou grafických přehledů je zřejmá jistá anomálie. Pevnosti v tahu u běžných betonů se u C30/37 a C35/45 po 28 dnech již téměř neměnily, oproti třídám ostatním. Tato situace u betonů s novým druhem umělého kameniva nenastala.

Vzhledem k předchozí situaci i dosaženým hodnotám můžeme říci, že pevnosti v tahu za ohybu jsou u obou betonů téměř shodné a vliv použitého kameniva se výrazněji neprojevil. U vyšších pevnostních tříd bylo dosaženo hodnot v rozmezí 6-7 MPa. To, především s ohledem na použitý druh umělého kameniva, lze považovat za velmi dobrý výsledek.



Obrázek 1.: Struktura betonu s černouhelnou hlušinou



Obrázek 2.: Struktura betonu s přírodním kamenivem

4. Závěr

Z prováděné pracovní etapy, zaměřené mimo jiné na sledování změn mechanických vlastností v závislosti na době zrání betonů, lze v krátkosti shrnout několik důležitých poznatků. Po 90 dnech již v obou případech nedocházelo k výraznějšímu nárůstu pevnosti v tlaku, dále bylo dosaženo poměrně vysokých pevností vzhledem k návrhovým charakteristikám jednotlivých betonů již po 7 dnech zrání.

Pevnost v tahu za ohybu se u betonů vyšších tříd (od C25/30) pohybovala ve všech případech nad hranicí 4,5 MPa, a všeobecně se i v případě betonů s novým druhem kameniva prokázala „nepsaná“ závislost $R_{ck} \approx 0,1R_f$.

Z dlouhodobého hlediska (360 dní) lze konstatovat, že užití nového druhu umělého kameniva ze spékaných černouhelných hlušin výrazným způsobem nesnižuje mechanické vlastnosti betonů, ve kterých je použito. Naopak bylo v rámci vybraných vlastností prokázáno, že v jistých případech může běžné betony velmi vhodně zastoupit.

Speciální případy užití kameniva ze spékaných černouhelných hlušin jsou i budou náplní další publikační činnosti.

Poděkování

Článek byl vypracován za podpory projektů TA01011706 a FAST-J-12-1.

Kontakt

Ing. MICHAL BATELKA, tel: 00420 541 147 829, e-mail: batelka.m@fce.vutbr.cz, Ústav stavebního zkušebnictví, FAST VUT v Brně, Veveří 95, 602 00 Brno.

Prof. Ing. JIŘÍ ADÁMEK, CSc, tel: 00420 541 147 800, e-mail: adamek.j@fce.vutbr.cz, Ústav stavebního zkušebnictví, FAST VUT v Brně, Veveří 95, 602 00 Brno.

ZÁKLADNÍ CHARAKTERISTIKY MODIFIKOVANÉHO DŘEVOPLASTOVÉHO KOMPOZITU

MODIFIED WPC – BASIC MATERIAL CHARACTERISTICS

Anna Benešová

VUT v Brně, Fakulta stavební

Anotace:

Tento článek popisuje způsob modifikace standardně vyráběného dřevoplastového kompozitu při použití odpadních a druhotných surovin. Zároveň uvádí předpokládané zkoušky, které budou prováděny na vzorcích vyrobených inovovanou technologií výroby, která zajistí přesnější interpretaci výsledků.

Annotation:

This article describes a modification of wood-polymer composite using waste and secondary raw materials. It also shows the anticipated tests that will be carried out on samples prepared by innovative technology to ensure accurate interpretation of results.

Klíčová slova: *dřevoplastový kompozit, WPC, infračervená absorpční spektroskopie*

Keywords: *wood-polymer composite, WPC, infrared absorption spectroscopy*

1. Úvod

Dřevoplastový kompozit je materiál spojující dřevní hmotu (nejčastěji piliny nebo moučku) a termoplastickou matrici. Jedná se o materiál poměrně nový, který byl vyvinut ve Spojených státech na konci dvacátého století a uplatňuje se jako alternativa k rostlému dřevu v aplikacích v exteriéru. Výrobci proklamují jeho ekologičnost a zdravotní nezávadnost a vyzdvihují jeho výhody oproti rostlému dřevu zejména v souvislosti s trvanlivostí a minimálními nároky na údržbu při zachování pocitové a dotekové úrovně dřeva.

V současné době se provádí výzkum modifikace tohoto materiálu, která by měla zlepšit jeho vlastnosti a zároveň umožnit zpracování některých odpadních a druhotných surovin. To s sebou přináší potřebu stanovit vhodnou metodiku zkoušení nového materiálu adekvátní zvolenému systémovému prvku.

2. Materiálové aspekty, způsob modifikace

2.1. Vlastnosti dřevoplastového kompozitu

Dřevoplastový kompozit je vyráběn ze dvou hlavních složek – termoplastické matrice, nejčastěji polypropylenové, polyetylenové a polyvinylchloridové, a plniva z dřevní hmoty, v poměru 50-30% matrice a 50-70% plniva v závislosti na typu matrice. Produkty z tohoto materiálu se uplatňují při produkci tzv. *deckingu*, tedy plošných podlahových nebo obkladových prvků pro venkovní aplikaci. Nejčastěji jsou z tohoto materiálu vyráběny terasové systémy.

Na rozdíl od rostlého dřeva je možné materiál libovolně upravovat již v rámci výroby přidáním vylepšujících přísad a nevyžaduje tedy pravidelnou údržbu nátěry. Tyto přísady ovlivňují zejména termoplastickou matrici, jež degraduje především vlivem ultrafialového záření a tepla. Proto kromě kompatibilizéru, který upravuje přilnavost obou hlavních surovin, jsou nejdůležitějšími přísady světlostabilizační a retardér hoření. Životnost produktu je po úpravě garantována i na padesát let.

2.2. Modifikace surovinového složení dřevoplastového kompozitu

V rámci modifikace surovinového složení dřevoplastového kompozitu se nabízí dvě základní alternativy:

- Modifikace matrice
- Modifikace plniva

Podíl termoplastické matrice závisí na typu nosného polymeru a pohybuje se v rozmezí 50-30%. Náhrada části tohoto množství recyklovaným polymerem stejného typu umožní snížení ceny produktu, ale může mít negativní dopad na vlastnosti materiálu. V tomto případě je vždy potřeba stanovit vlastnosti recyklovaného termoplastu, míru jeho degradace a obsah vylepšujících přísad a cizorodých látek, aby v konečném důsledku nebylo nutné modifikovaný materiál upravovat větším množstvím přídatných látek a tím cenu produktu ještě nenavýšit.

Modifikace dřevoplastového kompozitu přidávkem anorganického částicového plniva by měla materiálu přinést zejména zvýšení tlakové pevnosti a odolnosti proti nárazu. Organické lignocelulózou plnivo plní především funkci vláknové výztuže, propůjčuje tedy materiálu vyšší tahovou pevnost oproti neplněnému plavu a rovněž lepší krípkové vlastnosti. Částicové plnivo by tedy mělo přispět ke schopnosti přenášet tlakové zatížení. V současné době je takového plniva již užíváno, jedná se především o příměs mastku. Použití druhotné anorganické částicové suroviny jako příměsi dřevoplastového kompozitu bylo již odzkoušeno v laboratorních podmínkách a jako nejvýhodnější se jeví popílek, který nezapříčiňuje významné obroušování výrobního zařízení.

Tyto dvě modifikace je pak možné kombinovat. Kombinace obou stupňů modifikace a optimalizace surovinové směsi ovšem budou provedeny až po zevrubném odzkoušení vlastností kompozitů modifikovaných pouze jedním typem.

3. Zkoušení modifikovaného dřevoplastového kompozitu

3.1. Typy zkoušek

Zkoušky, kterým musí být modifikovaný dřevoplastový kompozit podroben, by měli komplexně zhodnotit jeho materiálové charakteristiky a ověřit jeho odolnost po vystavení extrémním podmínkám. Obecně lze

tyto zkoušky rozdělit na technologické (týkající se fyzikálně mechanických vlastností), uživatelské (vystavení degradujícím vlivům) a přidružené (doplňující) zkoušky.

Technologické zkoušky, kterým bude materiál podroben, budou prováděny na základě normovaných zkoušek pro plasty. Laboratorně již bylo provedeno stanovení tahové pevnosti dle ČSN EN 527, stanovení hustoty dle ČSN EN ISO 1183 a stanovení nasákavosti dle ISO 62:2008. Tyto zkoušky byly provedeny na modifikovaném kompozitu homogenizovaném extruzí, vzorky byly pak připraveny lisováním za tepla. Protože tato technologie přípravy vzorků je neefektivní a nezajišťuje správnou homogenitu zkušebních těles, bude nyní přistoupeno k inovaci technologie výroby zkušebních těles, aby se tyto přiblížily reálným možnostem průmyslové výroby.

Pro další zkoušení budou vzorky po homogenizaci vyrobeny vstřikováním. Tato zkušební tělesa budou kromě zmíněných zkoušek podrobena stanovení rázové houževnatosti Charpy dle ČSN EN ISO 179 a zkoušce padající koule – odolnosti materiálu proti nárazu, která dosud není normována. Pro technologické zkoušky budou doplňující zkouškou vysokotlaká rtuťová porozimetrie a optická mikroskopie, které poslouží pro posouzení mikrostruktury a pórovitosti kompozitu.

Uživatelské zkoušky budou sledovat zejména vlastnosti, které jsou charakteristické pro užití termoplastů ve venkovním prostředí. Jedná se o stanovení UV stability dle ČSN ISO 4892-3 a stanovení požární odolnosti dle ČSN ISO 4589. Pro uživatelské zkoušky budou doplňujícími vizuální posouzení – zejména ztráta barevnosti při vystavení působení ultrafialového záření a infračervená absorpční spektroskopie pro posouzení makromolekulových změn v degradující expozici.

Laboratorní vzorky vyrobeny lisováním za tepla již infračervenou absorpční spektroskopií hodnoceny byly a to po roce vystavení laboratorním podmínkám. Měření bude provedeno ještě po dvou a třech letech a porovnáno se spektrogramy vzorků vystavených UV záření. Vyhodnocení naměřených spektrogramů je popsáno v následující kapitole.

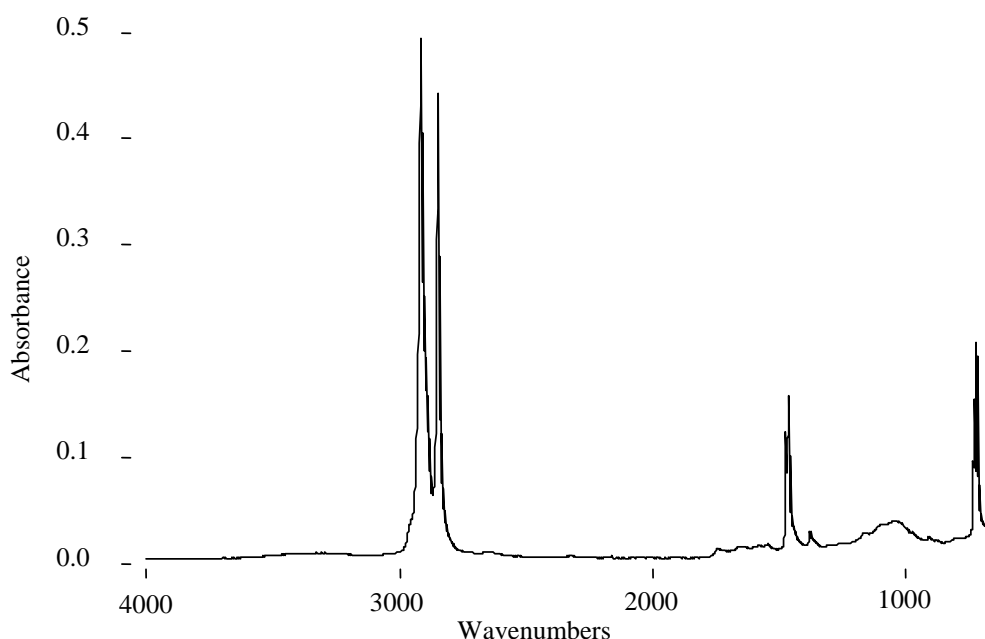
3.2. Podklad pro infračervenou absorpční spektroskopii

Pro získání spektrogramu byly použity zlomky vzorků ze zkoušky tahové pevnosti dle ČSN EN 527, typ 5. Jedná se o vzorky vystaveny jednoleté expozici laboratorním podmínkám, které budou sloužit k porovnání se vzorky vystavenými působení ultrafialového záření v UV komoře.

Vzorky byly měřeny metodou ATR, tedy odrazovou metodou. Tato metoda spočívá v záznamu odraženého infračerveného záření od povrchových vrstev materiálu. V případě, že v této vrstvě dojde k interferenci záření a hmoty, projeví se tento jev absorpcí záření, která na záznamu vytvoří tzv. spektrální pás.

Oba dva typy měřených vzorků – tedy referenční dřevoplastový kompozit adekvátního složení a hybridní dřevoplastový kompozit modifikovaný příměsí 5% popílku měli shodný spektrogram, z čehož vyplývá, že za tak krátkou dobu nebyla matrice materiálu významně degradována.

Získaný spektrogram je zobrazen na obr.1.



Obrázek 1.: Spektrogram dřevoplastového kompozitu s příměsí popílku.

Na spektrogramu kompozitu jsou patrné pouze pásy polypropylenové matrice. V oblasti mezi 3000 a 2700 cm^{-1} se nachází dva hlavní pásy, které odpovídají valenčním vibračním skupin CH_3 a CH_2 , pásy na vlnočtu nižší než 1500 cm^{-1} patří deformačním vibračním těchto skupin.

Předpokládá se, že působení ultrafialového záření způsobí deformaci křivky spektrogramu v důsledku otevírání vazeb polymeru. Dojde-li k odhalení zrna plniva, můžou se objevit pásy anorganické, nebo pásy odpovídající řetězcům celulózy.

3. Závěr

Dřevoplastový kompozit lze pomocí odpadních a druhotných surovin modifikovat dvěma způsoby, jedná se o modifikaci termoplastické matrice recyklovaným polymerem, nebo o modifikaci plniva příměsí anorganického částicové suroviny. Oba typy modifikace s sebou přináší své výhody i nevýhody a optimalizace modifikovaných surovinových směsí bude vyžadovat jak technologické tak uživatelské zkoušky hmoty i následně vybraného produktu.

Poděkování

Tento článek byl vytvořen za podpory projektu Specifického výzkumu č.: FAST-J-12-4 Hodnocení trvanlivosti modifikovaného dřevoplastového kompozitu vystaveného působení ultrafialového záření a Centra AdMaS - Advanced Materials, Structures and Technologies (reg. č. CZ.1.05/2.1.00/03.0097), Výzkumný program VP1: Vývoj pokročilých stavebních materiálů.

Literatura

- [1] OKSMAN NISKA, K., SAIN, M.: Wood-polymer composites. Cambridge England. 2008. ISBN 978-1-84569-272-8.
- [2] SVEHLA, G.: Comprehensive analytical chemistry VI, Amsterdam, Elsevier scientific publishing company 1976, p. 1-555, ISBN 0-444-41165-8.

Kontakt

Ing. ANNA BENEŠOVÁ, tel: 00420 541 147 521, e-mail: benesova.a@fce.vutbr.cz, Ústav technologie stavebních hmot a dílců, FAST VUT v Brně, Veveří 95, 602 00 Brno.

EXPERIMENTÁLNÍ ANALÝZA PRVNÍ SÉRIE MODELŮ KRUHOVÉHO ZTUŽIDLA

EXPERIMENTAL ANALYSIS OF THE FIRST BATCH OF CIRCLE BRACING MODELS

Roman Fojtík, Tomáš Novotný, Jan Hurta

VŠB-TUO, FAST, Katedra konstrukcí

Anotace:

Pro ztužení štíhlých vysokých ocelových konstrukcí byl vyvinut obručový ztužující systém, který využívá předpětí pro zvýšení tuhosti, kterou je možné měnit a tím získat požadované vlastnosti ztužujícího prvku. Zmenšené modely 1/20 jsou podrobovány statickým a později i dynamickým zatěžovacím zkouškám, které mají prokázat nebo vyvrátit teoretické předpoklady funkčnosti ztužujícího prvku a stanovit nejvhodnější způsoby předpínání.

Annotation:

A new type of circular wind bracing has been developed for stiffening of high-rise slender steel structures. This bracing can use pre-stress to modify its stiffness to achieve required properties. The models scaled 1/20 are subject to static and dynamic load laboratory tests in order to prove theoretical conclusions and to adjust optimal values of pre-stress.

Klíčová slova: experiment, ztužení, ocel, numerický model

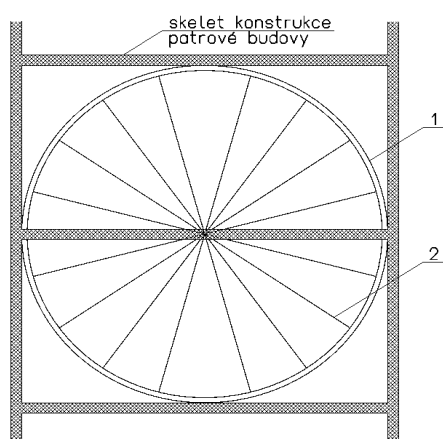
Keywords: experiment, bracing, steel, numerical model

1. Úvod

Od doby prvních mrakodrapů bylo do dnešních dnů vystavěno nespočet výškových budov, které byly realizovány za pomoci nových materiálů a především nových konstrukčních systémů. Zvýšené nároky na ztužení se netýkají pouze mrakodrapů, ale také věží, rozhleden, stožárů a komínů. Jedním z důležitých prvků zajišťujících stabilitu těchto konstrukcí jsou stěnová ztužidla, jejichž tvar se mění dle požadavků architektů a projektantů tak, aby vhodně přenášel především vodorovné síly od účinků větru, otřesů, imperfekcí a podobně. Předmětem této práce je návrh nového stěnového ztužidla, které by dostatečně přenášelo vodorovné síly, ale také síly svislé a tím uspořilo nutnost provádění stěnových sloupků.

2. Základní popis zkoumaného problému

Všechny vertikální štíhlé konstrukce jsou kromě běžných zatížení, jakou je vlastní tíha, užité zatížení, zatížení sněhem a další, vystaveny značným především vodorovným silám od účinků větru, zemětřesení [1], imperfekcí a dalších [2]. Náchylnost těchto konstrukcí na nepříznivé účinky vodorovných zatížení je umocněna v případech, kdy první vlastní frekvence kmitání konstrukce klesne pod hranici 4 Hz někdy i 1 Hz. Z toho vyplývají zvýšené nároky na tuhost a útlum ztužujícího systému, který musí odolávat dynamickým účinkům větru a také seismicity.



Obrázek 1.: Osazení kruhového ztužidla do skeletu patrové budovy (1 – obruč, 2 – výplet).

Zvýšení tuhosti a útlumu konstrukce lze dosáhnout pomocí ztužujícího systému, který by svými vlastnostmi přispíval ke zlepšení přenosu nepříznivých vnějších sil. Pro tyto účely byl vyvinut nový kruhový ztužující systém (viz. obr. 1). Ztužidlo je tvořeno tuhými obručemi, která redistribuuje vnější tlakové síly do dalších částí ztužidla, k čemuž díky kruhovému tvaru má ty nejlepší předpoklady. Jádrem kruhového ztužujícího systému je tzv. „výplet“, který tvoří táhla ukotvená mezi středem a obvodem obruče. Tyto prvky jsou vhodně předepruty tak, aby absorbovaly vnější síly bez vzniku tlakových sil v táhlech. Nutnou podmínkou funkčnosti je zachycení styku táhel k tuhému patru základní konstrukce. Takto navržené ztužidlo by mělo odolávat vnějším silám působícím na konstrukci a tím zlepšovat tuhost konstrukce. Předpokládanou výhodou navržené konstrukce ztužení je možnost změny tuhosti v průběhu času a také využití subtilních profilů, které nebrání výhledu z konstrukce.

Dále se očekávají výhodné dynamické vlastnosti, které vyplývají z možnosti změny předpětí (ladění konstrukce). Nevýhodami systému jsou subtilní táhla, která mohou mít problémy s požární odolností, nutnost použití vysokopevnostních ocelí a zejména složitější realizace konstrukcí využívajících tento prvek. Nový kruhový ztužující systém je chráněn jako duševní vlastnictví ve stupni „užitný vzor“ pod číslem 22608.

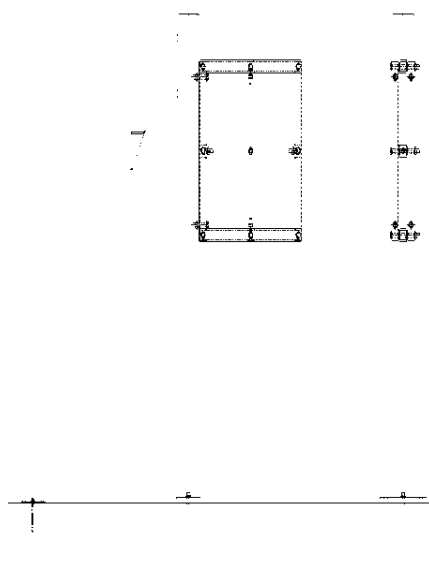
3. Experimentální měření

Měřicí metody a postupy laboratorního měření byly zvoleny na základě požadovaných měřených veličin a dostupných měřících zařízení. Posun zkoušeného vzorku byl zajišťován pomocí „snímačů dráhy“, vertikálního posun byl kontrolován odečtem posunu čelistí hydraulického lisu. Síla působící na zatěžovanou konstrukci ztužidla byla odečítána z hydraulického lisu. Nejdůležitější měřenou veličinou je poměrné přetvoření snímané pomocí foliových tenzometrů. Jako doplňková metoda byla užitá fotogrammetrie, jejíž výsledky by měly zajistit komplexní chování konstrukce při zatěžování.

3.1. Zatěžovací zkoušky

Experimentální vzorky obručového ztužidla (1:20) budou zkoušeny na smykovou odolnost ve třech etapách. První etapa bude zachycovat stav bez předpětí výpletu obruče. Další etapa bude realizována s polovičním předpětím výpletu obruče a poslední etapou bude plné

předpětí. Cílem měření je především ověření předpokladů chování konstrukce při zatížení a porovnání s numerickými modely. Navrhovaná měření byla naplánovaná na základě možností a dostupnosti měřicí techniky laboratoře FAST. Jednou z měřených veličin, pomocí tenzometru, je poměrné přetvoření [$\mu\text{m}/\text{m}$], které je možné přepočítat na napětí [MPa]. Další měřenou veličinou je vertikální posun kyvného rámu. Pro zajištění objektivnosti výsledků jsou měřeny také posuny kyvného rámu ve směru kolmém na rovinu ztužidla. Doprovodnou metodou při měření bude využito fotogrammetrie, která na půdě FAST doposud nebyla použita. Pro možnost zpracování zaznamenaných fotografií byl vytvořen software TRACY, který načte fotografie a vyhodnotí v souřadnicích posuny jednotlivých sledovaných bodů. Aby bylo možné provést zatěžovací zkoušky smykové odolnosti ztužující obruče bylo nutné zkonstruovat pomocné konstrukce umožňující běžnému hydraulickému lisu provádět smykové zatěžovací zkoušky. Jedná se o dvě pomocné konstrukce. První z nich zajišťuje pevnou oporu a je tvořena kotevním rámem z HEA profilů. Konstrukce byla navržena tak, aby při zatěžování nedocházelo k deformacím kotevního rámu. Další pomocnou konstrukcí je kyvný rám, jehož úkolem je zajištění volnosti ve směru roviny zkoušeného vzorku a naopak zajištění tuhosti kolmo na směr roviny vzorku. Díky těmto přídatným konstrukcím je možné provádět smykové zatěžovací zkoušky na běžném hydraulickém lisu.



*Obrázek 2.: Osazení kruhového ztužidla do skeletu patrové budovy
(1 – obruč, 2 – výplet).*

3. Závěr

Moderní konstrukce jsou v současnosti navrhovány pomocí softwaru využívajících MKP. Těmito prostředky je možné modelovat téměř vše, ale ne vždy výsledky korespondují se skutečností. Dosavadní výsledky numerických modelů obručového ztužidla jsou slibné, ale teprve experimentální ověření vlastností v laboratoři ukáže, zda předpoklady numerických modelu souhlasí s realitou. Momentálně probíhá intenzivní zkoušení experimentální konstrukce obručového ztužidla a dílčí výsledky budou uvedeny v připravované prezentaci k tomuto článku.

Poděkování

Projekt byl realizován za finanční podpory specifického vysokoškolského výzkumu pro rok 2011 a 2012, přidělený VŠB-TU Ostrava Ministerstvem školství, mládeže a tělovýchovy České republiky a také z nadačního příspěvku z prostředků NIF program „Věda a výzkum pro život 2011“.

Literatura

- [1] KALÁB, Z.: Seizmická měření v geotechnice. vydání 1. VŠB-TU OSTRAVA, 2008. ISBN 978-80-248-1796-5.
[2] STUDNIČKA, J.; MACHÁČEK, J.; VOTLUČKA, L.: Ocelové konstrukce 20 – pozemní stavby. Praha: ČVUT v Praze, 1998. ISBN 80-01-01556-4.

Kontakt

Ing. ROMAN FOJTÍK, tel: 00420 597 321 398, e-mail: roman.fojtik@vsb.cz, Katedra konstrukci, FAST, VSB-TUO, Ludvíka Podéště 1875/17, 708 33 Ostrava - Poruba.

Dr. Ing. TOMÁŠ NOVOTNÝ, tel: 00420 597 321 357, e-mail: tomas.novotny@vsb.cz, Katedra konstrukci, FAST, VSB-TUO, Ludvíka Podéště 1875/17, 708 33 Ostrava - Poruba.

Ing. JAN HURTA, tel: 00420 597 321 910, e-mail: jan.hurta@vsb.cz, Katedra konstrukci, FAST, VSB-TUO, Ludvíka Podéště 1875/17, 708 33 Ostrava - Poruba.

2. – 3. října 2012, FAST VUT v Brně

VLIV VELIKOSTI TRHLINY NA ŠÍŘENÍ ULTRAZVUKOVÝCH VLN V DŘEVĚNÉ KONSTRUKCI

EFFECT OF CRACK DEPTH ON VELOCITY OF ULTRASONIC WAVES PROPAGATION THROUGH TIMBER STRUCTURE

Hana Hasníková, Petr Kuklík, Jan Vídenský

Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí,
Fakulta stavební

Anotace:

Při diagnostice historických dřevěných konstrukcí se k měření materiálových vlastností dřeva často využívá přístrojů pracujících s ultrazvukovými vlnami. Příspěvek popisuje experiment, který demonstruje vliv velikosti trhliny na rychlost šíření ultrazvukové vlny nehomogenním materiálem a s ní související změnu dynamického modulu pružnosti.

Annotation:

Devices working with ultrasonic waves are often used while investigation of historical timber structures to determine material properties. The experiment that demonstrates an effect of crack depth on velocity of ultrasonic wave propagation through inhomogeneous material and related changes of dynamic modulus of elasticity is the aim of the paper.

Klíčová slova: *Nedestruktivní testování, ultrazvuk, dřevěné konstrukce, trhlina, dynamický modul pružnosti*

Keywords: *Non-destructive testing, ultrasound, timber structures, crack, dynamic modulus of elasticity*

1. Úvod

Dřevo je organický materiál, je heterogenní a anizotropní. Dnes se mluví o jeho výhodách v souvislosti s udržitelným rozvojem. V minulosti bylo dřevo přirozeným a často vyhledávaným stavebním materiálem díky své dostupnosti, únosnosti a malé hmotnosti. Do dnešních dní se nám zachovalo velké množství zejména střešních konstrukcí se složitými statickými systémy. Právě při jejich diagnostice se úspěšně uplatňují nedestruktivní metody zjišťování materiálových vlastností.

2. Experiment

2.1. Teoretické pozadí a ověřovaná hypotéza

Zvuk je mechanické podélné vlnění, tzn. částice přenášející energii kmitají ve směru šíření vlny. Ultrazvuk je definován jako zvuk nad hranicí slyšitelnosti zdravého lidského ucha, která se uvádí jako 16 – 20 kHz. Rychlost šíření zvuku obecně souvisí s hustotou prostředí, viz *Tabulka 1*. Frekvence vlnění, která se používá při diagnostice stavebních konstrukcí, se odvíjí od rozměrů zkoumaných vzorků. Platí, že pro prvky větších rozměrů je vhodné použít ultrazvuk o nižších frekvencích. Vlnová délka je pak v řádech centimetrů a vlnění je i na delší vzdálenosti méně tlumeno než v případě laboratorních měření na malých vzorcích, kdy se používá ultrazvuk o frekvencích nad 1 MHz. [1]

Kmitajícím zdrojem jsou v tomto případě piezoelektrické části sond měřicího přístroje. Procházející střídavý proud s poměrně vysokým napětím vyvolává opakující se deformaci jádra sondy – ta se smršťuje a roztahuje.

Tabulka 1.: Srovnání rychlostí šíření ultrazvukových vln v různých prostředích; [2], [3].

materiál	c [km.s ⁻¹]	dřevina	c [km.s ⁻¹]
ocel	5.893	smrk	5.353
beton	4.242-5.258	jedle	5.500
sklo	5.766	platan	5.074
voda	1.473	dub	5.071

Rychlost průchodu ultrazvukové vlny c [$\times 10^{-3}$ km.s⁻¹] se spočítá jednoduše podle (1). Čas t [μ s] je veličina, kterou během měření zaznamenáváme, a dráha L [m] je vzdálenost mezi sondami. [4]

$$c = L / t \quad (1)$$

Dráha se může prodloužit tím, že vlnění musí v dřevěném prvku obcházet defekty, které snižují jeho kvalitu, např. místa s hnilobou nebo trhliny. Ve výpočtu se dráha předpokládá stále stejná, narůstá však čas, který vlna potřebuje na překonání vzdálenosti. Logickým výsledkem je nižší rychlost.

Z rychlosti průchodu ultrazvukové vlny prostředím jsme schopni získat, dle (2), i jednu z důležitých mechanických vlastností materiálu. [5]

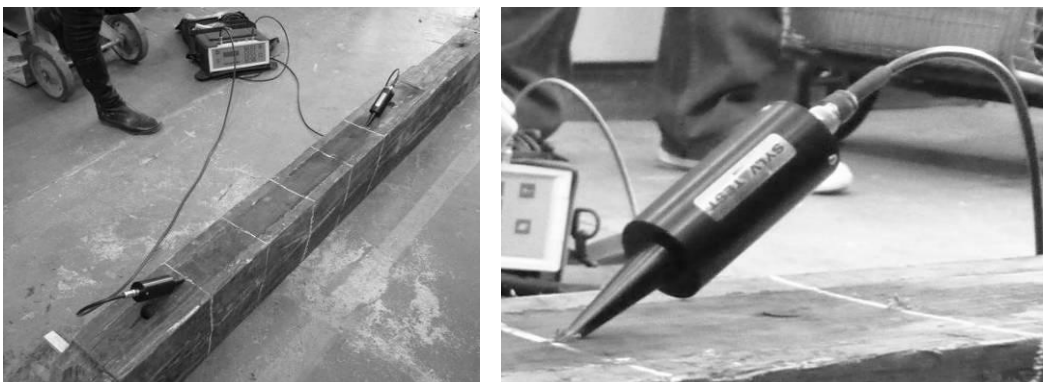
$$E_d = c^2 \rho \quad (2)$$

Je jí dynamický modul pružnosti E_d [$\times 10^{-3}$ GPa], který bývá o 10 – 15 % větší než modul pružnosti E zjištěný při standardních statických zkouškách. Pro jeho určení je potřebné znát objemovou hmotnost materiálu ρ [kg.m^{-3}]. Je zjevné, že pokud se v konstrukčním prvku vyskytuje nějaké degradované místo a rychlost ultrazvuku c se sníží, i hodnota dynamického modulu pružnosti E_d klesá.

V rámci popisovaného experimentu jsme se rozhodli ověřit teorii, že přítomností povrchových trhlin v konstrukčním prvku se dráha, kterou musí ultrazvuková vlna během měření urazit, skutečně znatelně prodlužuje.

2.2. Použité zařízení a průběh měření

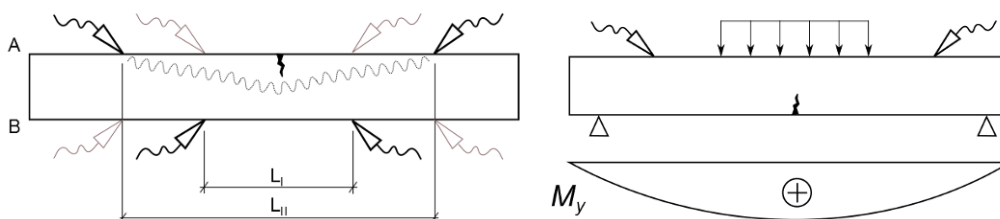
Rychlost šíření ultrazvukových vln byla měřena podél osy trámu. Použitým zařízením byl Sylvatest. Přístroj se skládá ze záznamové vyhodnocovací jednotky, dvou sond s piezoelektrickým jádrem (jedné vysílací a druhé přijímací) speciálně navržených pro dřevo a sondy na měření vlhkosti materiálu. Sestava experimentu i přístroj Sylvatest jsou patrné na *Obrázku 1a*. Kontakt mezi sondami a materiálem v tomto případě nezajišťuje žádné přenosové viskózní médium, ale kónický tvar sond, který zajišťuje jejich instalaci přímo mezi dřevní vlákna. Úhel, který svírají sondy s povrchem prvku, by měl být 45°; názorně na *Obrázku 1b*.



Obrázek 1.: a) Sestava experimentu s trhlinou; b) detail speciální sondy

Příčný řez konstrukčních prvků byl 100 x 230 mm, vlhkost dřeva se pohybovala okolo 11 %. Použitá frekvence ultrazvuku byla 22 kHz. Zkoumané dřevo bylo staré více než 70 let a pocházelo ze smrků a jedlí. Všechny testy byly provedeny v laboratořích FSv ČVUT v Praze za stabilních teplotních a vlhkostních podmínek, ve kterých byl delší dobu uskladněn i zkušební materiál.

Předpokládá se, že vlna je díky instalaci sond povrchová a šíří se nejkratší cestou mezi nimi. Na ověření teorie a názornou demonstraci, že trhlina má vliv na rychlost šíření, byl uskutečněn následující experiment, názorně na schématu na *Obrázku 2a*. Trámy z historické konstrukce byly nejdříve proměřeny na obou nepoškozených površích A a B. Pro určení vlivu vzdálenosti sond se navíc měřilo ve dvou konfiguracích I a II. Důvod pro zaznamenávání hodnot na povrchu B byl praktický. Na některých konstrukcích není možné dostat se ke spodnímu povrchu trámy, kde by se trhlina mohla teoreticky objevit z důvodu největšího namáhání, více *Obrázek 2b*. Sledováním povrchu B jsme chtěli ověřit, zda se takové poškození projeví i při měření na protilehlém povrchu prvku.



Obrázek 2.: a) Schéma experimentu; b) průběh ohybového momentu na prostém nosníku spojitě zatíženém

Po prvním měření nepoškozeného trámu, které se stalo srovnávacím, se do prvku začala uměle tvořit trhлина, jejíž hloubka se zvětšovala po 20 mm. Po každém prohloubení se trám znovu proměřil ve všech zmiňovaných místech. Maximální hloubka trhliny byla 180 mm.

2.3. Výsledky

U všech prvků byl pozorován stejný trend, který je zřejmý i z příložené *Tabulky 2*. Pro stejnou vzdálenost sond má na začátku měření, kdy jsou oba povrchy bez trhliny, čas t průchodu ultrazvukové vlny velmi podobnou hodnotu (čas A a čas B). S narůstající hloubkou trhliny se čas na povrchu, na kterém trhлина vzniká (A), prodlužuje. Naopak na protilehlém povrchu (B) se jeho hodnota nemění. Potvrzuje to předpoklad povrchového šíření za situace, že se provádí tzv. nepřímé měření, tj. sonda vysílací i přijímací jsou na stejných površích. Grafické srovnání je na *Obrázku 3*.

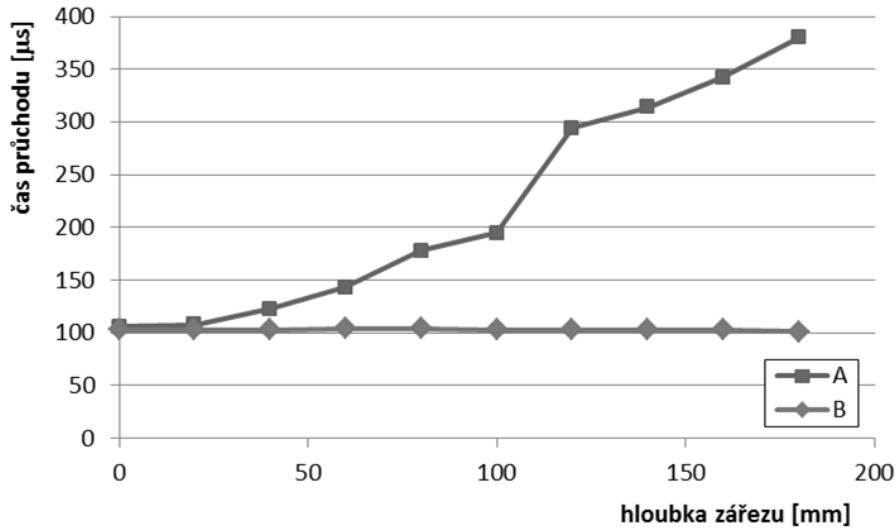
S rostoucí hloubkou trhliny znatelně klesá rychlost průchodu ultrazvukové vlny c , jak se prodlužuje dráha, kterou musí vlna konstrukčním prvkem urazit. Ještě výrazněji klesá dynamický modul pružnosti E_d .

Tabulka 2.: Záznam měření času průchodu ultrazvukové vlny s výpočtem rychlosti a E_d pro vzdálenost sond 600 mm a $\rho = 350 \text{ kg.m}^{-3}$

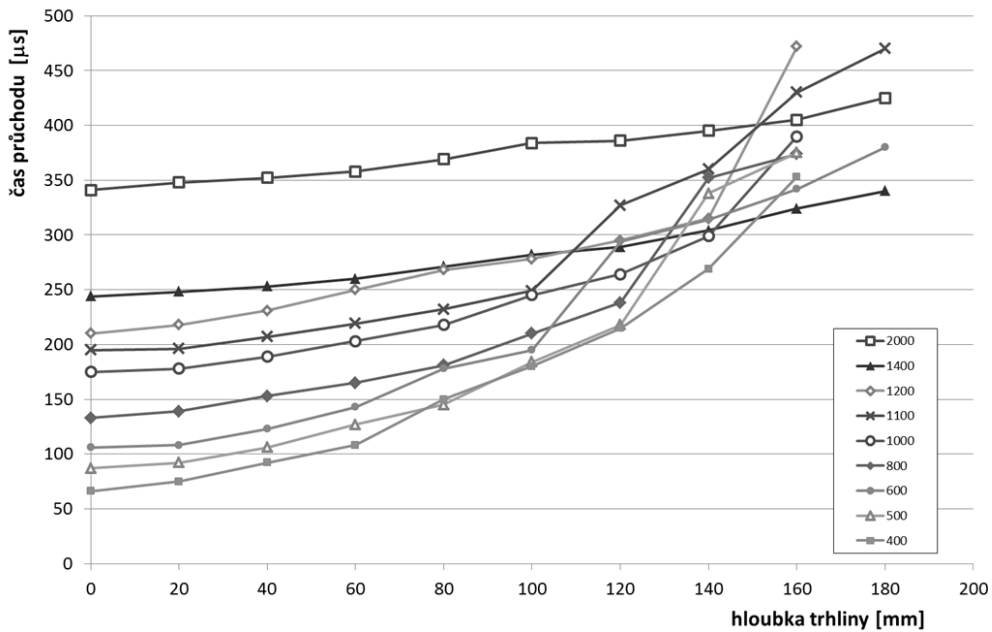
hloubka trhliny	t [μs] A	t [μs] B	c [km.s^{-1}]	E_d [GPa]
0	106	103	5,660	11,214
20	108	103	5,556	10,802
40	123	103	4,878	8,328
60	143	104	4,196	6,162
80	178	104	3,371	3,977
100	195	103	3,077	3,314
120	294	103	2,041	1,458
140	314	103	1,911	1,278
160	342	103	1,754	1,077
180	380	101	1,579	0,873

Srovnáním většího množství měření, která byla k dispozici, je možné udělat pozorování týkající se vlivu vzdálenosti sond. Z grafu na *Obrázku 4* lze usuzovat na to, že čím dále od sebe sondy jsou, tím je vliv růstu

trhliny menší. Nejstrmější nárůst času, který odpovídá prodloužené dráze vlny, je možné zaznamenat v případech, kdy jsou k sobě sondy nejbliže, protože poměr původní dráhy k dráze nové bude mnohem menší než v případě vzdálených sond, kdy se bude blížit jedné.



Obrázek 3.: Srovnání průchodu ultrazvukové vlny na površích A a B



Obrázek 4.: Závislost rychlosti průchodu ultrazvukové vlny materiálem na hloubce trhliny v konstrukčním prvku

3. Závěr

Výsledky experimentu potvrdily předpoklad, že při nedestruktivním měření, které využívá šíření ultrazvukových vln a instaluje sondy na stejný povrch zkoumaného prvku, dokáže poškození (trhlina) na zkoumaném povrchu prvku způsobit znatelné snížení rychlosti šíření vln. Toto poškození se následně projeví i v hodnotě dynamického modulu pružnosti. Poškození má navíc větší vliv, jsou-li sondy příliš blízko u sebe. Takto citlivá analýza pomáhá poškození konstrukčního prvku dobře lokalizovat.

Poděkování

Probíhající výzkum, jehož výsledky jsou prezentovány v tomto příspěvku, je finančně podpořen grantem SGS12/120/OHK1/2T/11.

Literatura

- [1] FENEY, F.E., CHIVERS, R.C., EVERTSEN, J.A., KEATING, J.: The influence of inhomogeneity on the propagation of ultrasound in wood. *Ultrasonics*. 1998. Vol. 36. Is. 1. p. 449 – 453. ISBN 0041-624X
- [2] http://www.ndtstsystems.com/Reference/Velocity_Table/velocity_table.html
- [3] BUCUR, V.: Wood acoustic characterization by ultrasound. In *IEE Ultrasound symposium 1995*. New York, Institute of Electrical and Electronics Engineers. 1995. p. 615 - 623. ISBN 0780329414.
- [4] KASAL, B., TANNERT, T.: In Situ Assessment of Structural Timber. State of the Art Report of the RILEM. RILEM. 2010. p. 5 - 24. ISBN 978-94-007-0559-3.
- [5] KLOIBER, M., KOTLÍNOVÁ, M.: Porovnání dynamického a statického modulu pružnosti poškozeného dřeva, In: *Applied Mechanics 2006*. 8th International Scientific Conference.

Kontakt

Ing. HANA HASNÍKOVÁ, e-mail: hana.hasnikova@fsv.cvut.cz, Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí, FSv ČVUT v Praze, Thákurova 7, 166 29 Praha 6.

Doc. Ing. PETR KUKLÍK, CSc., e-mail: kuklik@fsv.cvut.cz, Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí, FSv ČVUT v Praze, Thákurova 7, 166 29 Praha 6.

Ing. JAN VÍDENSKÝ, PhD., email: jan.vidensky@fsv.cvut.cz, Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí, FSv ČVUT v Praze, Thákurova 7, 166 29 Praha 6.

ODOLNOST A TRVANLIVOST DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

RESISTANCE AND DURABILITY OF WOODEN CONSTRUCTIONS

**Věra Heřmánková, Ondřej Anton,
Petr Cikrle, Michal Stehlík**

Ústav stavebního zkušebnictví, FAST, VUT v Brně

Anotace:

Dřevo je organický materiál a je často považováno za materiál s nízkou životností. V minulosti se však příliš nerozlišovalo mezi trvanlivostí dřeva a zdiva, dokladem toho jsou konstrukce, které oba materiály kombinují. Ve skutečnosti má dřevo vysokou životnost, pokud při návrhu dřevěné konstrukce dodržíme určitá pravidla.

Annotation:

Wood is an organic material and therefore often considered to have a short lifetime. However, in the past, people did not distinguish between durability of wood and durability of masonry, proof of which is the existence of constructions that combine the use of both. In fact, the lifetime of wood can be high if specific rules are followed when designing the construction.

Klíčová slova: *dřevo, dřevěné konstrukce, odolnost, trvanlivost*

Keywords: *wood, wooden constructions, resistance, durability*

1. Obecné příčiny poškození dřeva

Dřevo je organický přírodní materiál, který podléhá četným degradačním vlivům. Ty mohou časem vést až k jeho úplnému zničení. K poškození dřeva dochází především díky degradačnímu působení fyzikálních, biologických a atmosférických faktorů.

1.1 Fyzikální vlivy

Důsledkem působení fyzikálních degradačních faktorů na dřevo je především změna vlhkosti dřeva, ke které dochází v důsledku změn relativní vlhkosti okolního prostředí. Tím dochází ke změnám rozměrů dřeva, v materiálu vzniká vnitřní napětí a může dojít k borcení dřeva. Důležitá je rychlost změny. Je-li průběh změn pozvolný, je i difúze vlhkosti do dřeva pomalá, tlak expandujících buněk není velký a poškození může být menší. Při rychlých změnách je i bobtnání či smršťování vnější vrstvy dřeva daleko rychlejší, mezi vnitřními a povrchovými vrstvami objektu vzniká silné vnitřní pnutí a poškození bývá rozsáhlejší. Toto se týká i případů, kdy je dřevo kombinováno s jiným typem materiálu s odlišnou tepelnou roztažností a s odlišnou citlivostí na změny vlhkosti (např. kovy, případně i různé druhy dřeva).

1.2 Biologické vlivy

Další častou příčinou poškození dřeva je biologické (též biotické) napadení. Jedná se o napadení bakteriemi, houbami a dřevokazným hmyzem. Houby podle typu buď vytvářejí na dřevu plísňové porosty (plísně), nebo mění zbarvení dřeva (dřevozbarvující houby), nebo způsobují jeho rozklad (hniloba – tzv. dřevokazné houby). Plísně a dřevozbarvující houby nezpůsobují přímo rozklad dřeva, ale vytvářejí optimální podmínky pro napadení dřeva dřevokazným hmyzem a dřevokaznými houbami, které již způsobují destrukci dřeva.

Rizikové hodnoty pro biologické napadení:

Dřevokazné houby - vlhkost dřeva 18–20 % nebo vyšší (cca 85–90 % relativní vlhkosti) a teplota v rozmezí od 2 do 40 °C. V interiéru je těchto hodnot dosaženo např. při zatékání dešťové vody, při haváriích vodovodního nebo kanalizačního potrubí, nebo v prostředí s relativní vlhkostí vzduchu > 85 %; v exteriéru jsou tyto hodnoty v našich klimatických podmínkách dosaženy vždy.

Dřevokazný hmyz - vlhkost dřeva 12 % nebo vyšší (cca 60 % relativní vlhkosti) a teplota nad 10 °C (v interiéru i v exteriéru jsou tyto hodnoty v našich klimatických podmínkách splněny téměř vždy).

Dřevo s vlhkostí pod 12 % (pod cca 60 % relativní vlhkosti) je přirozeně odolné proti všem biotickým škůdcům.

1.3 Atmosférické vlivy

Pod tímto pojmem lze shrnout působení některých fyzikálních a chemických faktorů na dřevo, umístěné v exteriéru. Jednotlivé faktory mohou na dřevo působit i společně, to znamená, že ke změnám materiálu dochází daleko rychleji a ve větší míře, než kdyby jednotlivé faktory působily na materiál postupně. Nejdůležitější atmosférické vlivy vyvolávající degradaci dřeva jsou UV záření, vzdušný kyslík, déšť, teplota a znečištěné ovzduší.



Obrázek 1.: V exteriéru déšť ze dřeva extrahuje a vymývá hnědé produkty štěpení ligninu a dřevo šedne.

- Kombinovaným působením UV záření a kyslíku na nechráněné dřevo dochází k chemickým změnám v povrchové vrstvě, dřevo žloutne a hnědne.
- V exteriéru déšť ze dřeva extrahuje a vymývá hnědé produkty štěpení ligninu a dřevo šedne. Bylo zjištěno, že již po 4 týdnech vystavení dřeva povětrnostním vlivům se mění jeho povrch tak, že klesá adheze nátěru.
- Dřevo vystavené intenzivnímu slunečnímu záření a vysokým teplotám vysychá, vznikají trhliny, narušuje se jeho struktura, snižuje se pevnost, dřevo křehne.
- Působením větru nebo proudící vody a písku dochází k abrazi dřeva, obrušuje se jeho povrch, ze dřeva vystupují tvrdší části.

2. Přirozená odolnost a trvanlivost dřeva

Dnes je dřevo pokládáno za materiál s nízkou životností, v minulosti se však příliš nerozlišovalo mezi trvanlivostí dřeva a zdiva, dokladem toho jsou konstrukce, které oba materiály kombinují, například hrázděné zdivo. Ve skutečnosti má dřevo vysokou životnost, srovnatelnou s jinými materiály, pokud ovšem je v příznivých podmínkách. Hlavním činitelem, který způsobí úplný zánik dřeva, je kromě požáru, napadení houbami. Z toho plyne potřeba trvale se starat, aby nevznikly podmínky příznivé pro napadení dřeva.

Faktory, ovlivňující trvanlivost dřeva a jeho odolnost vůči napadení:

- prostředí, zejména vlhkost, přítomnost vzduchu a teplota;
- druh dřeva;
- kvalita dřeva;
- ochranné látky.

2.1 Vliv prostředí

Vliv prostředí je klasifikován pomocí tříd použití dle možnosti ohrožení dřeva biotickými škůdci.

Tabulka 1.: Třídy použití, dle ČSN EN 335-1,2 pro rostlé dřevo v ČR

Třída použ.	Všeobecné podmínky používání (expozice dřeva)	Popis vystavení účinku vlhkosti v provozních podmínkách	Výskyt biotických činitelů
1	interiér, zakryté	sucho max. 20 %	dřevokazný hmyz
2	interiér nebo zakryté	příležitostně > 20 %	dřevokazný hmyz, dřevozbarvující houby, dřevokazné houby
3	3.1 exteriér, bez styku se zemí, chráněné	příležitostně > 20 %	dřevokazný hmyz, dřevozbarvující houby, dřevokazné houby
	3.2 exteriér, bez styku se zemí, nechráněné	často > 20 %	
4	4.1 exteriér, v kontaktu se zemí a/nebo sladkou vodou	převážně nebo trvale > 20 %	dřevokazný hmyz, dřevozbarvující houby, dřevokazné houby, houby způsobující měkkou hnilobu
	4.2 exteriér, v kontaktu se zemí (zcela) a/nebo sladkou vodou	trvale > 20 %	
5	v mořské vodě	trvale > 20 %	dřevokazný hmyz v částech nad vodou, dřevozbarvující houby, dřevokazné houby, houby způsobující měkkou hnilobu, mořští škůdci dřeva

2.2 Trvanlivost různých druhů dřeva

ČSN EN 1995-1-1 požaduje, aby dřevo v konstrukci mělo přiměřenou vlastní trvanlivost podle ČSN EN 350-2 pro odpovídající třídu použití (definovanou v ČSN EN 335-1,2) nebo musí být chráněno úpravami podle ČSN EN 351-1 a ČSN EN 460.

Konstrukční zásady ochrany dřevěných konstrukcí uvádí ČSN 73 1701:

- dřevo je třeba chránit proti vlhkosti, hnilobě, hmyzu, požáru a dalším vlivům (například chemická koroze);
- dřevěné konstrukce mají být pokud možno přístupné pro kontrolu jejich stavu;
- zvláštní pozornost je třeba věnovat částem, které budou vystavené kolísání vlhkosti, případně, které nebudou přístupné pro kontrolu jejich stavu.

Ochrana se zajišťuje:

- vhodným konstrukčním řešením, které zamezuje navlhání dřeva, zejména ve styku se zdivem nebo základy, a zabezpečuje trvalé provětrávání konstrukce;
- vlastní ochranou dřeva povrchovou úpravou nebo impregnací chemickými ochrannými prostředky.

Tabulka 2.: Klasifikace přirozené trvanlivosti proti dřevokazným houbám dle ČSN EN 350-1,2 používá systém o pěti třídách. Tato klasifikace se týká pouze jádrového dřeva, bělové dřevo všech dřevin se považuje za třídu s trvanlivostí 5.

Třída trvanlivosti	Popis
1	velmi trvanlivé
2	trvanlivé
3	středě trvanlivé
4	slabě trvanlivé
5	netrvanlivé

Tabulka 3.: Klasifikace přirozené trvanlivosti proti dřevokaznému hmyzu dle ČSN EN 350-1,2 používá systém o dvou třídách. Jádrové dřevo všech dřevin se považuje za trvanlivé proti tomuto hmyzu, pokud tomu tak není, klasifikuje se jako SH (náchylné jádrové dřevo).

Třída trvanlivosti	Popis
D	trvanlivé
S	náchylné

Tabulka 4.: Klasifikace impregnovatelnosti dle ČSN EN 350-1,2 používá systém o čtyřech třídách.

Třída impregnovatelnosti	Popis	Vysvětlivky
1	impregnuje se lehce	řezivo lze úplně proimpregnovat tlakovou impregnací

2	impregnuje se středně lehce	úplný průnik obvykle není možný, ale po 2 až 3 hodinách tlakové impregnace lze dosáhnout více než 6 mm bočního průniku u jehličnatých dřevin a u listnatých pronikne velkou částí cév
3	impregnuje se obtížně	po 3 až 4 hodinách tlakové impregnace nelze dosáhnout více než 3 - 6 mm bočního průniku
4	impregnuje se extrémně obtížně	značně nepropustné pro impregnaci, průnik ochranného prostředku i po 3 až 4 hodinách tlakové impregnace, jak boční, tak čelní je minimální

Pozn.: Termíny a definice dle ČSN EN 350-1,2:

Bělové dřevo – vnější část dřeva, která v rostoucím stromě obsahuje živé buňky a vede mizu (obvykle má světlejší barvu než jádrové dřevo).

Jádrové dřevo – vnitřní část dřeva, která v rostoucím stromě již neobsahuje živé buňky nebo nevede mizu.

2.3 Kvalita dřeva a jeho trvanlivost

Škůdci dřeva, zejména hmyz, dávají v téže konstrukci přednost dřevu horší kvality a často dřevu již napadenému.

2.4 Chemické látky, které zvyšují životnost dřeva

Chemické prostředky se užívají pro preventivní ochranu i sanaci dřeva napadeného. Návrh ochrany dřeva chemickými prostředky musí být kvalifikovaný.

Podle účinnosti je možné rozdělit chemické ochranné prostředky na:

- látky proti biologickému napadení (houbám, hmyzu);
- proti vlhkosti a atmosférickým vlivům;
- proti ohni.

3. Metody preventivní ochrany dřeva

Metody preventivní ochrany dřeva stavebních konstrukcí můžeme rozdělit do tří skupin na tzv. suchou, konstrukční a chemickou ochranu.

1) Nejlepší ochranou dřeva je zabezpečení vhodných podmínek jeho uložení – tzv. **suchá ochrana**. Ta spočívá v udržování hladiny vlhkosti

okolního prostředí pod kritickými hodnotami napadení biotickými škůdci. Dřevo udržované pod hranicí jeho vlhkosti 12 % je přirozeně odolné proti všem biotickým škůdcům.

2) Základní a nejdůležitější metoda je tzv. **konstrukční ochrana dřeva**. Ta spočívá v zabezpečení vhodných podmínek pro dřevěné prvky a části staveb. Zdroje vlhkosti u dřevěných konstrukcí mohou být např. hygroskopicitu použitých materiálů, prostup vodní páry a její kondenzace uvnitř konstrukcí, zatékání srážkové vody, vzlínání zemní vlhkosti, různé havárie atd. Dřevěné konstrukce a prvky musí být uloženy způsobem, který zajišťuje volné proudění a výměnu vzduchu. Dřevěné konstrukce a prvky, které jsou vystavené vnějším vlivům, musí mít detaily vyřešené tak, aby voda mohla z povrchu dřeva co nejrychleji odtékat, a aby mohly dobře vysychat.



Obrázek 2.: Chybně vyřešený detail – ostění zarovnané s obkladem umožňuje zatékání dešťové vody a důsledkem toho dřevo šedne.

3) Dalším způsobem preventivní ochrany dřeva je tzv. **chemická ochrana**, která by měla pouze doplňovat výše uvedené zásady a sloužit k prodloužení zachování funkčních a estetických vlastností dřeva.

4. Závěr

Pro posouzení a stanovení rizika napadení konkrétní dřevěné konstrukce zabudované v určitém prostředí dřevokaznými houbami a pro kvalifikovaný odhad její životnosti jsou rozhodující tyto dva faktory, které je nutno znát:

- a) parametry prostředí, v němž je dřevo zabudováno, tj. obecně řečeno stanovit třídu jeho použití;
- b) přirozenou odolnost dřeva, které je použito na konstrukci, proti dřevokazným houbám.

Znalost a vyhodnocení těchto základních faktorů pro konkrétní podmínky pak mj. umožňuje kvalifikovaně posoudit nutnost případné další ochrany konkrétní dřevěné konstrukce.

Tabulka 5.: Přirozená odolnost některých druhů (nenaimpregnovaných) dřevin proti dřevokazným houbám dle podkladů Výzkumného a vývojového ústavu dřevařského Praha [8]

Název dřeviny	Klasifikace přirozené trvanlivosti dle ČSN EN 350-1,2	Odhad trvanlivosti v třídě použití 4 [rok]
Borovice lesní	3 - 4 ^{x)}	6 - 15 ^{x)}
Borovice vejmutovka	4 ^{x)}	6 - 10 ^{x)}
Douglaska	3	10 - 15
Jedle	4	6 - 10
Modřín	3 ^{x)}	10 - 15 ^{x)}
Smrk ztepilý	4	6 - 10
Buk lesní	5	2 - 6
Dub	2 ^{x)}	15 - 25 ^{x)}
Teak	1 - 3	více než 10

Pozn.: ^{x)} Údaje platí pro jádrové dřevo, bělové dřevo je klasifikováno třídou odolnosti 5 (trvanlivost menší než 6 let).

Je potřeba upozornit, že výše uvedené údaje o předpokládané trvanlivosti dřeva nevyjadřují automaticky skutečnou životnost (dobu služby) dřevěných prvků, protože pokles pevnostních parametrů dřeva je rychlejší než viditelný stupeň jeho poškození a navíc je dřevo obvykle vždy napadáno a destruováno celým komplexem škůdců i abiotických činitelů společně a ne každým druhem izolovaně. Životnost dřevěných

prvků a konstrukcí může být pak významně zkrácena, a proto především v náročných expozicích (2. až 4. třídy ohrožení) má nezastupitelnou úlohu účinná a komplexní ochrana dřeva.

Poděkování

Příspěvek byl vytvořen s podporou výzkumného záměru MSM 0021630519.

Literatura

- [1] ČSN EN 1995-1-1 Navrhování dřevěných konstrukcí, část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby (odpovídá ČSN 73 1701 Navrhovanie drevených stavebných konštrukcií).
- [2] ČSN EN 335-1,2 Trvanlivost dřeva a materiálů na bázi dřeva. Definice tříd použití.
- [3] ČSN EN 350-1,2 Trvanlivost dřeva a materiálů na jeho bázi. Přirozená trvanlivost rostlého dřeva.
- [4] ČSN EN 351-1 Trvanlivost dřeva a materiálů na bázi dřeva. Rostlé dřevo ošetřené ochrannými prostředky. Část 1: Klasifikace průniku a příjmu ochranného prostředku.
- [5] ČSN EN 460 Trvanlivost dřeva a materiálů na jeho bázi. Přirozená trvanlivost rostlého dřeva. Požadavky na trvanlivost dřeva pro jeho použití v třídách ohrožení.
- [6] ŠEFCŮ, O., VINAŘ, J., PACÁKOVÁ, M.: Metodika ochrany dřeva, Nakladatelství Jalna, Praha 2000, Vyd. jako příloha časopisu Zprávy památkové péče, roč. 60. – Vydavatel: Státní ústav památkové péče v Praze ISBN 80–86234–14–2
- [7] VÝZKUMNÝ A VÝVOJOVÝ ÚSTAV DŘEVAŘSKÝ PRAHA, Ochrana dřeva 2005, Sborník přednášek, Březnice 2005

Kontakt

Ing. VĚRA HEŘMÁNKOVÁ, Ph.D., tel: 00420 541 147 817, e-mail: hermankova.v@fce.vutbr.cz, Ústav stavebního zkušebnictví, Fakulta stavební, VUT v Brně, Veveří 95, 602 00 Brno.

SLEDOVÁNÍ DLOUHODOBÉHO PŘETVOŘENÍ PŘEDPJATÝCH ŽELEZOBETONOVÝCH KONSTRUKCÍ OPTOVLÁKNOVÝMI EXTENZOMETRY

LONG-TERM MONITORING OF REINFORCED CONCRETE STRUCTURES BY OPTIC FIBRE EXTENZOMETERS

**Dita Jiroutová, Miroslav Vokáč,
Petr Bouška, Jiří Kolísko**

České vysoké učení technické v Praze, Kloknerův ústav

Anotace:

V práci jsou uvedeny experimentální výsledky dlouhodobého sledování poměrného přetvoření dvou předem předpjatých přímých betonových prážců typu B91 S výrobce ŽPSV a.s. Pro dlouhodobé monitorování objemových změn byly použity optovláknové extenzometry SOFO.

Annotation:

The experimental results of long-term monitoring of total strain in two prestressed reinforced concrete sleepers B91 S, produced by ŽPSV a.s. are shown in the article. Total strain of monitored prestressed sleepers was measured by long-gauge optical fibres SOFO.

Klíčová slova: dlouhodobé monitorování, celkové přetvoření, dlouhovláknový extenzometr SOFO, předem předpjatý betonový prážec

Keywords: long-term monitoring, total strain, long-gauge optical fibre SOFO, prestressed reinforced concrete

1. Úvod

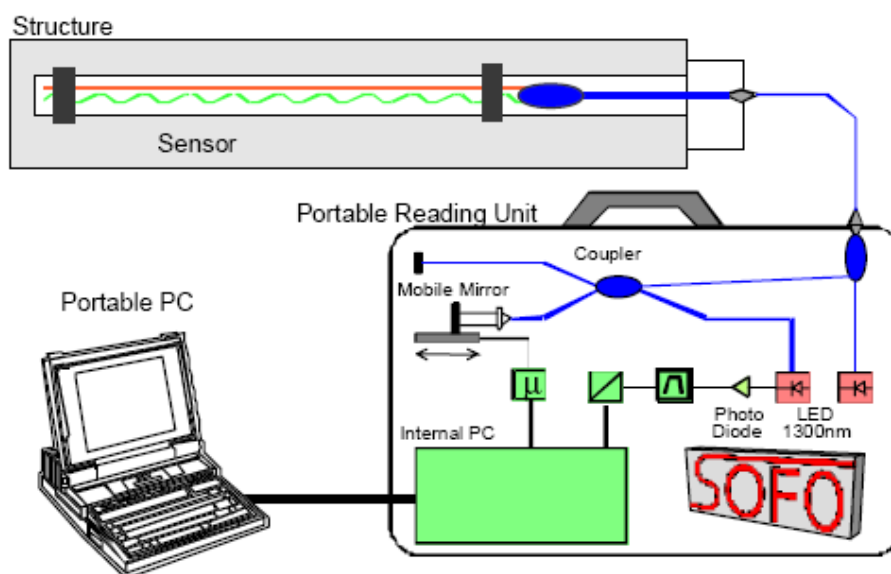
Během životnosti stavebních konstrukcí dochází vlivem působení vnějšího zatížení ke vzniku napětí v konstrukci. Změny napětového stavu spolu s vlivy okolního prostředí vedou k iniciaci přetvoření stavebních konstrukcí. U celé řady staveb je nutné tyto objemové změny, s ohledem na požadavky spolehlivosti, sledovat. Pro monitorování přetvoření existuje celá řada standardních metod jako jsou např. odporové tenzometry, indukční a kapacitní snímače posunutí aj. V posledních letech se ke sledování chování stavebních konstrukcí začínají používat také optovláknové extenzometry, které využívají schopnosti optických vláken přenášet optické záření ve směru své osy [1]. Narozdíl od běžně používaných snímačů vykazují optovláknové technologie řadu výhod, mezi které patří vyšší kvalita měření, spolehlivost, snadnější instalace a údržba, odolnost vůči elektromagnetickým vlivům a korozi, bezpečnost ve výbušném a hořlavém prostředí a možnost dlouhodobého monitorování. V současné době existuje několik druhů optických snímačů pracujících na různých principech. V této práci byly pro dlouhodobé monitorování dvou předem předpjatých betonových prážců B91 S, výrobce ŽPSV a.s. Nové Hradky použity dlouhovláknové optické snímače SOFO. Tento typ snímačů je možné nainstalovat přímo do vnitřní struktury konstrukce a lze s nimi měřit deformace na dlouhé měřicí základně, díky čemuž je možné eliminovat vliv nepříznivých jevů (např. trhlin).

2. Experiment

2.1. Měřicí systém

Pro měření celkových deformací dvou předem předpjatých betonových prážců B91 S byl použit měřicí systém SOFO pro měření statických veličin od firmy SMARTEC S.A. Měřicí systém SOFO pracuje na principu nízkokoherentní interferometrie. Použitý měřicí systém je tvořen dlouhovláknovým extenzometrem SOFO a měřicí ústřednou, kterou lze připojit k PC. Dlouhovláknový extenzometr SOFO pracuje na principu Michelsonova interferometru a skládá se z aktivní a pasivní části. Aktivní část snímače je tvořena polyamidovou trubicí, ve které jsou umístěna dvě jednovidová optická vlákna – měřicí a referenční vlákno. Délka aktivní části může být až 10 m. Pasivní část dlouhovláknového extenzometru SOFO je tvořena připojovacím kabelem pro připojení

k měřicí ústředně a může dosahovat délky 50 m. Další částí měřicího systému je měřicí ústředna, která obsahuje referenční Michelsonův interferometr a také vnitřní paměť pro ukládání dat. Absolutní hodnoty přetvoření jsou získány porovnáním dat z měřicího Michelsonova interferometru umístěného v dlouhovláknovém extenzometru SOFO a referenčního Michelsonova interferometru. Uspořádání měřicího systému SOFO je pro ilustraci uvedeno na obr. 1.



Obrázek 1.: Uspořádání měřicího systému SOFO pro měření statických veličin [2].

2.2. Uspořádání experimentu

K dlouhodobému monitorování přetvoření dvou předem předpjatých betonových prahů B91 S výrobce ŽPVS a.s. byl použit měřicí systém SOFO pro měření statických veličin. Sledovaný prahec B91 S patří mezi kolejnicové podpory, jejichž funkcí je zajišťovat spolu s kolejovým upevněním přenos sil od provozního zatížení přes kolejnice do prahcového podloží, udržovat stabilitu rozchodu koleje a tuhost kolejového roštu.

Betonáž monitorovaných železobetonových prahů B91 S byla provedena ve společnosti ŽPSV a.s. Nové hrady dne 20.9.2010 pracovníky společnosti ŽPSV a.s. a pracovníky Kloknerova ústavu ČVUT v Praze, kteří provedli instalaci optovláknových extenzometrů. Betonová směs byla

2. – 3. října 2012, FAST VUT v Brně

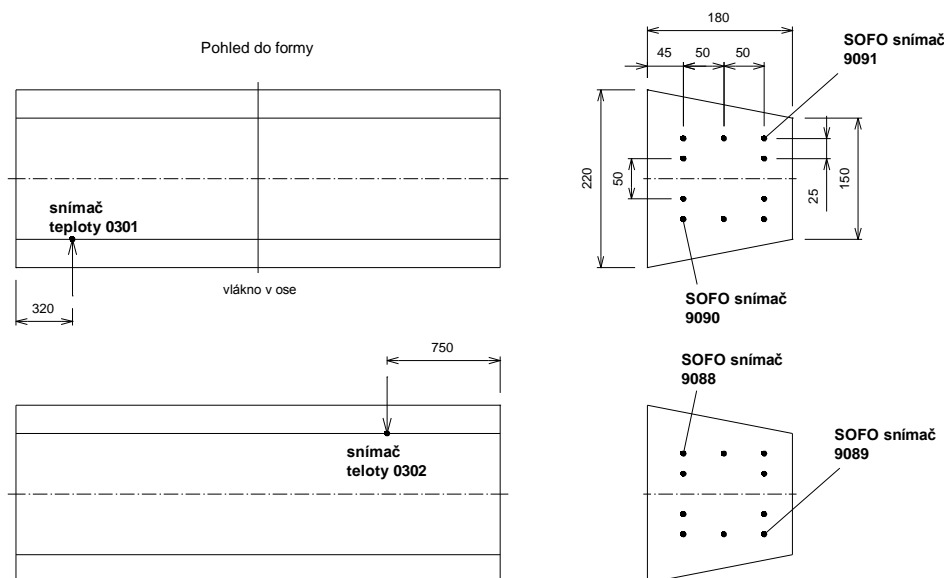
vyrobena s dávkou cementu 365 kg a vodním součinitelem $w/c = 0,32$, s frakcí kameniva 0/4 a 8/16 a superplastifikátoru na bázi polykarboxylátů. Beton byl navržen tak, aby nemusel být proteplován a zrál při teplotě 20 °C a relativní vlhkosti více než 90 %. Válcová pevnost betonu ve stáří 28 dní byla 61,5 MPa. V každém pražci bylo umístěno 10 kusů předpínacích výztuží vyrobených z patentované oceli o průměru 6 mm a modulem pružnosti 200 GPa. Před betonáží byla výztuž pomocí předpínacích kotev předepnuta na mez pevnosti 1165 MPa. Ve stáří betonu 1 den byly napínací kotvy odstraněny a do pražce bylo vneseno napětí o velikosti 10 MPa. Fotodokumentace z průběhu instalace extenzometrů je uvedena na obr. 2.



Obrázek 2.: Instalace optovláknových extenzometrů SOFO do monitorovaných předem předpjatých betonových pražců B91 S, ŽPSV a.s.

Před vlastní betonáží byly ve středu rozpětí každého monitorovaného pražce nainstalovány na předepnutou výztuž dva optovláknové extenzometry SOFO pro měření deformací s aktivní délkou LA 0,5 m a označeny sériovým číslem extenzometru (SN 9088, SN 9089, SN 9090, SN 9091). Umístění jednotlivých extenzometrů je uvedeno na obr. 3. Kromě optovláknových extenzometrů byly nainstalovány také dva odporové snímače teploty s čidlem Ni 1000 označené sériovým číslem 0301 a 0302. Teploměry v pražcích byly umístěny na předpínacím drátu v rohu, který je při zabudování v koleji nahoře.

Takto připravené železobetonové pražce byly umístěny v laboratořích Kloknerova ústavu, kde probíhalo vlastní měření přetvoření po dobu 15 měsíců ode dne betonáže. Relativní vlhkost v laboratoři byla po celou dobu experimentu $(50 \pm 2) \%$ a teplota prostředí $(18 \pm 3) \text{ } ^\circ\text{C}$.

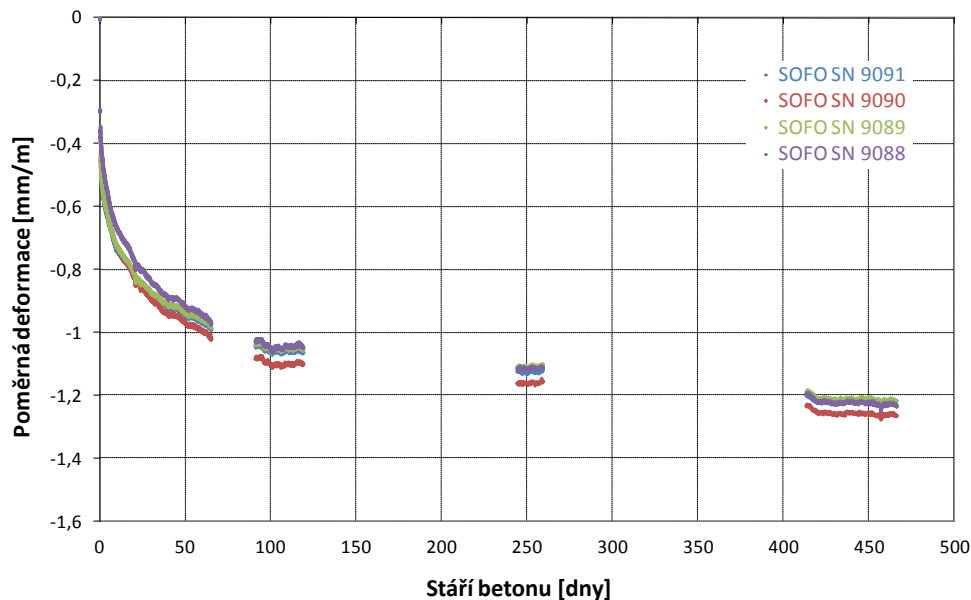


Obrázek 3.: Umístění optovláknových extenzometrů SOFO s aktivní délkou LA 0,5 metrů a odporových snímačů teploty s čidlem Ni1000 na železobetonovém pražci B91 S.

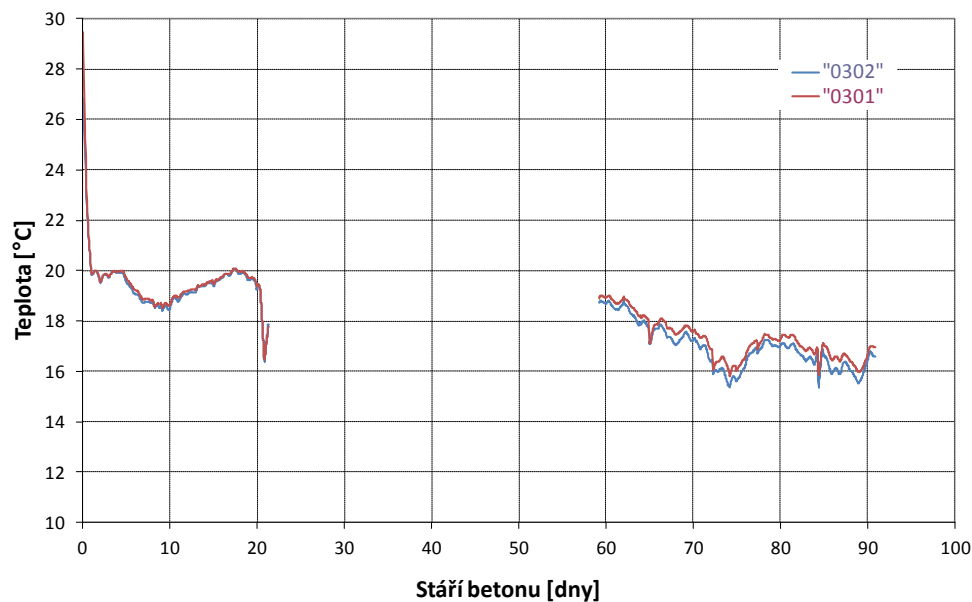
3. Výsledky experimentů

Celkové poměrné přetvoření bylo sledováno na dvou předem předpjatých železobetonových pražcích B91 S vyrobených dne 20.9.2010 ve společnosti ŽPSV a.s. Nové Hrady. Celkové poměrné přetvoření bylo snímáno optovláknovými snímači SOFO pro měření deformací s aktivní délkou 0,5 metrů a s přesností měření 0,2 % z naměřené deformace. V každém předem předpjatém železobetonovém pražci B91 S byly po diagonále nainstalovány na výztuž dva optovláknové extenzometry (obr. 3). Data z optovláknových snímačů deformací SOFO byla zaznamenána měřicí jednotkou pro statická měření SOFO. Z měřicí ústředny byla data posléze přenesena do počítače a vyhodnocena. Na obr. 4 jsou zobrazeny časové průběhy celkového poměrného přetvoření naměřené jednotlivými SOFO optovláknovými extenzometry během 15 měsíců. Kromě optovláknových extenzometrů SOFO byly v monitorovaných pražcích sledovány změny teploty. Pro monitorování teploty byly použity dva odporové snímače teploty s čidlem teploty Ni1000 (viz obr. 3). Snímání teploty probíhalo v prvních 90 dnech monitorování železobetonového pražce B91 S – viz obr. 5.

2. – 3. října 2012, FAST VUT v Brně



Obrázek 4.: Celkové poměrné přetvoření dvou předem předpjatých železobetonových práčů B91 S výrobce ŽPSV a.s. naměřené optovláknovými extenzometry SOFO s aktivní délkou LA 0,5 metru.



Obrázek 5.: Průběh teplot dvou železobetonových práčů B91 S výrobce ŽPSV a.s. naměřené odporovými snímači teploty s čidlem Ni1000.

4. Závěr

Dlouhodobé celkové poměrné přetvoření dvou předem předpjatých betonových pražců B91 S výrobce ŽPSV a.s. Nové Hradky bylo monitorováno pomocí dlouhovláknových extenzometrů SOFO s aktivní délkou 0,5 m. Během experimentální práce bylo prokázáno, že zvolená optovláknová metoda měření umožňuje dlouhodobé měření absolutních hodnot poměrného přetvoření během celé životnosti konstrukce, a to i bez nutnosti kontinuálního snímání této veličiny. Mezi další výhody této metody patří i možnost instalace dlouhovláknových extenzometrů SOFO přímo do vnitřní struktury konstrukce a měření deformací na dlouhé měřicí základně.

Poděkování

Tento příspěvek byl vytvořen za podpory projektu GAČR P104/10/2359.

Literatura

- [1] MARTINEK, R.: Senzory v průmyslové praxi. BEN – technická literatura, Praha, 2004. 200 s.
- [2] INAUDI, D: SOFO Sensors for Static and Dynamic Measurements. In Proceedings of the 1st FIG International Symposium on Engineering Surveys for Construction Works and Structural Engineering. Nottingham, 2004, s. 1-10.

Kontakt

Ing. DITA JIROUTOVÁ, Ph.D., tel: 00420 224 353 527, e-mail: Dita.Jiroutova@klok.cvut.cz, Oddělení experimentálních a měřících metod, Kloknerův ústav, ČVUT v Praze, Šolínova 7, 166 08 Praha.

Ing. MIROSLAV VOKÁČ, Ph.D., tel: 00420 224 353 509, e-mail: Miroslav.Vokac@klok.cvut.cz, Oddělení experimentálních a měřících metod, Kloknerův ústav, ČVUT v Praze, Šolínova 7, 166 08 Praha.

Doc. Ing. PETR BOUŠKA, CSc., tel: 00420 224 353 561, e-mail: Petr.Bouska@klok.cvut.cz, Oddělení experimentálních a měřících metod, Kloknerův ústav, ČVUT v Praze, Šolínova 7, 166 08 Praha.

2. – 3. října 2012, FAST VUT v Brně

Doc. Ing. JIŘÍ KOLÍSKO, Ph.D., tel: 00420 224 353 545, e-mail:
Jiri.Kolisko@klok.cvut.cz, Oddělení experimentálních a měřících metod,
Kloknerův ústav, ČVUT v Praze, Šolínova 7, 166 08 Praha.

ZHODNOCENÍ AKTUÁLNÍHO STAVU A NÁVRH REKONSTRUKCE KAPLE SV. CYRILA A METODĚJE V MEDLICÍCH

ESTIMATION OF ACTUAL STATE AND REDESIGN OF CHAPEL OF ST. CYRIL AND METHODIUS IN MEDLICE

**Dalibor Kocáb, Zdeněk Bažant,
Petr Cikrle, Jan Košárek**

Ústav stavebního zkušebnictví a Ústav betonových
a zděných konstrukcí, Fakulta stavební, VUT v Brně,

Anotace:

Příspěvek pojednává o diagnostice a následném posouzení zděné kaple v Medlicích. Byla provedena vizuální prohlídka stavby a určena pevnost v tlaku zdiva. Na základě získaných informací byl formulován návrh opravy a zesílení této konstrukce.

Annotation:

The article deals with the diagnostics and subsequent estimation of a brick chapel in Medlice. The construction inspection was performed and compressive strength of masonry was determined. The redesign of repair and strengthening of this construction was formulated on the basis of the acquired information.

Klíčová slova: Kaple, cihelné zdivo, diagnostika, posouzení stavu konstrukce

Keywords: Chapel, brickwork masonry, diagnostics, state estimation

1. Úvod

Tento článek je věnován posouzení stavu architektonicky cenného objektu, který je vystaven v neogotickém stylu – zděné kapli sv. Cyrila a Metoděje v obci Medlice, viz *Obrázek 1*. Stavba se nachází na návsi uprostřed obce, dokončena byla v roce 1901 a zásadním způsobem ovlivňuje ráz obce.

Na vnějším a vnitřním vzhledu kaple lze pozorovat snahu kapli udržovat v dobrém stavu.



Obrázek 1.: Kaple sv. Cyrila a Metoděje v Medlicích.

2. Popis stavby

Jedná se o halový objekt, zděný z cihel, s věží nad vstupem do kaple. Zdivo presbytáře a štítová zeď jsou opatřeny opěrnými pilíři. Okna jsou gotického tvaru, v koruně lomená. V kapli se nachází malá kruchta, přes kterou je možné vstoupit jak do věže se zvony, tak i do prostoru krovu. Krov je poměrně strmý, stolicový. Střešním pláštěm jsou bobrovky. Okolo kaple je po obvodu okrasný obsyp přírodním kamenivem – drobnými oblázky. Vnitřní prostor kaple je zachovalý a udržovaný, je zajištěno temperování. Kaple je stále využívána k bohoslužebným účelům. Před štítem kaple stojí votivní kříž s dedikací a datem 1901 [1], [2].

3. Prohlídka a diagnostika stavby

Přestože je kaple na prvý pohled v dobrém stavebně-statickém stavu, byly u ní zjištěny závažné poruchy, které přímo ohrožují její další využívání.

3.1. Základové poměry

V kopané sondě, provedené těsně pod úroveň základové spáry po levé vnější straně zdi lodi, byl nalezen ulehlý zpětný zásyp, tvořený hlinitým pískem se šterkem. Hloubka základové spáry v místě sondy je přibližně 1,0 m pod terénem a základy jsou vybudovány z kamenného zdiva. Kopaná sonda je zachycena na *Obrázku 2.*



Obrázek 2.: Kopaná sonda k základům (po levé straně zdi lodi), vpravo ověření hloubky základové spáry.

3.2. Zjištění pevnosti v tlaku zdiva

Zkoumaná kaple byla v polovině 90. let minulého století částečně opravena. Součástí této rekonstrukce bylo opatření proti vlhkosti – kaple byla vodorovně podříznuta a opatřena hydroizolací přibližně 100 mm pod dolním okrajem plechového parapetu soklu (*Obrázek 3.*). Současně byl sokl opatřen novou cementovou omítkou, která je složena ze tří vrstev a dosahuje mocnosti v průměru 30 mm (*Obrázek 3.*) [3].

Oprava zamezila stoupání vlhkosti do zdiva nad hydroizolací, současně ale pod úrovní vodorovné hydroizolace způsobila pravý opak – vlhkost vzlínající základy byla za cementovou omítkou ve zdivu zadržována. Opravu lze tedy považovat za značně problematickou [2], [3]. Z důvodu rozdílných vlhkostí zdiva pod a nad hydroizolací (HI) bylo

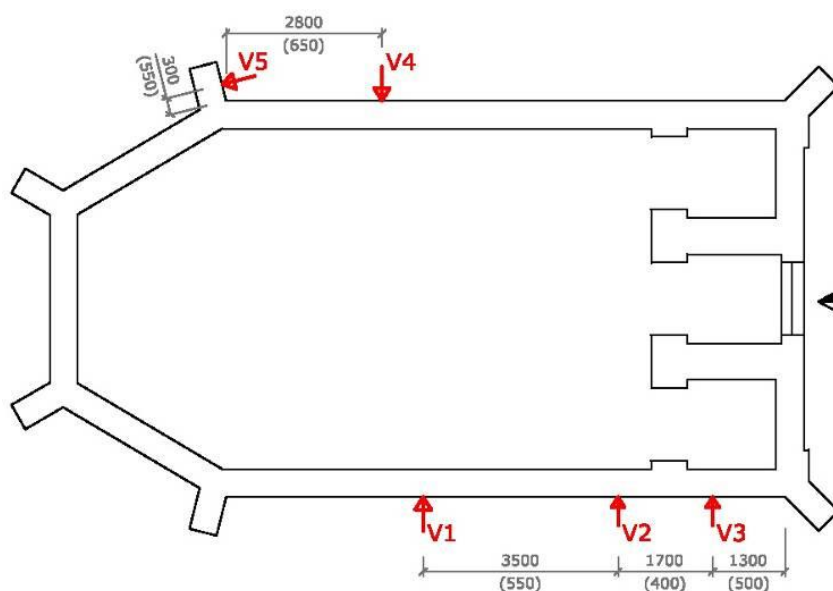
2. – 3. října 2012, FAST VUT v Brně

z hlediska výsledků přistupováno k těmto místům jako ke dvěma rozdílným souborům.

Pevnost zdiva soklu (pod HI) nemohla být vzhledem v vysoké míře vlhkosti určena nedestruktivně (pomocí Schmidtova tvrdoměru LB a Kučerovy vrtačky), byla tedy zjišťována destruktivně – pomocí jádrových vývrtů. Jejich rozmístění je zobrazeno na *Obrázku 4.* a zhotovení na *Obrázku 5.* Následné zkoušky v tlaku těles získaných koutoučovým řezáním z jádrových vývrtů jsou zachyceny na *Obrázku 6.*



Obrázek 3.: Vlevo je patrná vodorovná hydroizolace pod parapetem; vpravo je zachycena cementová omítka tvořená třemi vrstvami o mocnosti přibližně 30 mm.

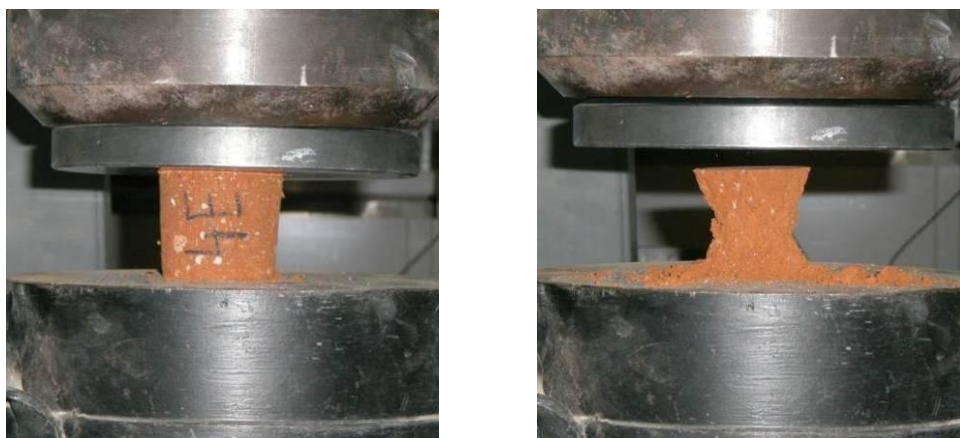


Obrázek 4.: Schéma rozmístění jádrových vývrtů do soklu objektu.

Velmi vysoké objemové hmotnosti cihelných těles z jádrových vývrtů – průměrná hodnota 1920 kg/m^3 – značí vysokou vlhkost zdiva, což vede k poklesu pevnosti v tlaku. Průměrná pevnost v tlaku kusového staviva pod HI byla stanovena dle [6] na 8,5 MPa. Zdící prvky byly dle [7] klasifikovány pevnostní značkou 6 [3].



Obrázek 5.: Pohled na sokl severní stěny kaple se třemi jádrovými vrty (před zapravením).



Obrázek 6.: Zkušební těleso 4E během a po zkoušce pevnosti v tlaku.

Z první sondy (v místě jádrového vývrtu V1) byl odebrán reprezentativní vzorek malty, na kterém byla pomocí vysušení při 105 °C zjištěna vlhkost. Výsledná hodnota vlhkosti je dle očekávání vysoká: $\omega = 18,4 \%$, což má negativní dopad na pevnost malty v tlaku. Hodnota pevnosti byla určena odborným odhadem za použití vrypové metody jako 0,2 MPa [3].

Charakteristická pevnost zdiva pod HI byla dle [5] a [8] vypočtena $f_k = 1,53 \text{ N/mm}^2$ [3], návrhová pevnost zdiva pod HI byla poté dle [5] určena $f_d = 0,53 \text{ N/mm}^2$ [3].

Lze předpokládat, že při stavbě kaple byly použity stejné cihly v celé konstrukci. Protože není zdivo v oblasti krovu omítnuto a omítka vnitřních stěn věže je ve velké míře opadaná, byly nedestruktivní zkoušky provedeny na zdivu věže (aby se nemusela sekát vnitřní či vnější omítka stěn kaple) a výsledné hodnoty lze uvažovat jako platné pro zdivo celého objektu. Z konstrukce byly také odebrány tři části cihel, které sloužily k upřesnění měření tvrdoměrem Schmidt LB (viz *Obrázek 7.*) dle [10].

Průměrná pevnost v tlaku kusového staviva nad HI byla dle [6] stanovena na 13,1 MPa. Zdící prvky byly dle [7] klasifikovány pevnostní značkou 10 [3].

Hodnota pevnosti v tlaku zdící malty byla určena pomocí Kučerovy vrtačky (zkouška zobrazena na *Obrázku 8.*) dle [9] jako 0,65 MPa [3].



Obrázek 7.: Zjišťování pevnosti v tlaku zdících prvků pomocí tvrdoměru Schmidt LB.



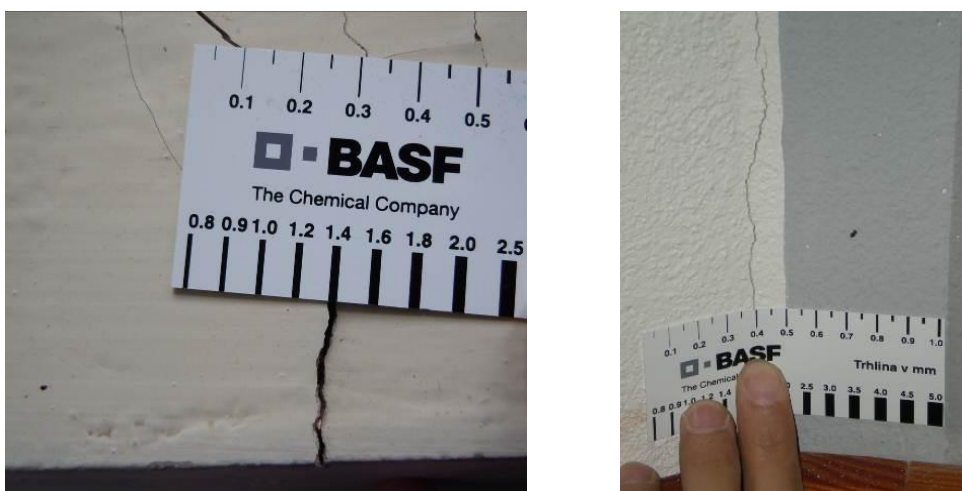
Obrázek 8.: Zjišťování pevnosti v tlaku malty pomocí mechanické Kučerovy vrtačky.

Charakteristická pevnost zdiva nad HI byla dle [5] a [8] vypočtena $f_k = 2,93 \text{ N/mm}^2$ [3], návrhová pevnost zdiva nad HI byla poté dle [5] určena $f_d = 1,22 \text{ N/mm}^2$ [3].

3.3. Poruchy zdiva

Na základě prohlídky kaple je možné konstatovat, že se ve zdivu objektu objevují trhliny. Zdokumentovány byly svislé trhliny v místě všech stavebních otvorů (okna, dveře) a v rozích budovy [2]. Typický příklad těchto trhlin je zachycen na *Obrázku 9*.

V masivním měřítku se trhliny objevují v omítce (s vysokým obsahem cementu) soklu kaple, viz *Obrázek 10*. Tyto trhliny vznikly nevhodnou opravou (popsána výše). V samotném zdivu za omítkou se trhliny pravděpodobně vyskytují v malém množství [2].



Obrázek 9.: Typické příklady svislých trhlin ve zdivu kaple: vlevo trhlina v parapetu okna, vpravo trhlina v rohu kaple.



Obrázek 10.: Typické příklady trhlin v omítce soklu kaple: vlevo síť trhlin nalevo od vstupních dveří, vpravo popraskaná omítka jednoho pilíře.

Ve zdivu věže se větší trhliny neobjevují. Pouze byla konstatována degradace cihel pod horními okny věže z důvodu zatékání rozbitými výplněmi oken, viz *Obrázek 11* [2].



Obrázek 11.: Degradace cihel pod okny věže v důsledku zatékání.

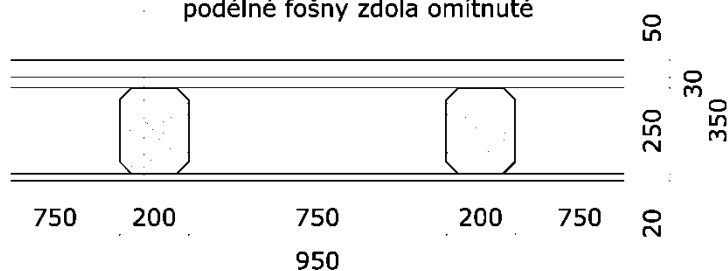
3.4. Sonda do stropu

Z důvodu ověření skladby a především stavu stropní konstrukce byly zhotoveny dvě sondy (*Obrázek 12.*). Bylo zjištěno povrchové napadení jednoho stropního trámu do hloubky přibližně 10 mm. Ostatní odhalené trámy nevykazovaly žádné poruchy. Zjištěnou skladbu stropu dokumentuje *Obrázek 13.* V místě sond nebylo také nalezeno poškození hlav trámů, jejich uložení nevykazuje dle vizuální kontroly poruchy (hniloba, trouchnivění) [2].



Obrázek 12.: Sonda S1 do stropu kaple.

- nepálené cihly s vápeno-hliněným potěrem
- podélné fošny šířky cca 350 mm
- příčné stropní trámy 200/250 mm se skosenými hranami
- podélné fošny zdola omítnuté



Obrázek 13.: Idealizovaná skladba trámového stropu kaple.

3.5. Poruchy krovu

Hlavním problémem kaple je havarijní narušení krovu červotočem, viz *Obrázek 14. až Obrázek 16.* V době prohlídky dosáhlo takového stupně, že lze reálně očekávat dílčí poruchu střechy, zejména při větším větru – narušení hmotností sněhu nehrozí, vzhledem k velkému sklonu střechy [1], [2].

2. – 3. října 2012, FAST VUT v Brně



Obrázek 14.: Narušení vazného trámu červotočem.



Obrázek 15.: Narušení vazného trámu krovu červotočem.



Obrázek 16.: Narušení sloupu plné vazby krovu červotočem.

4. Návrh nápravy nevhodného stavu kaple

U kaple sv. Cyrila a Metoděje v Medicích je třeba zajistit nápravu, která by se neměla odkládat [1].

V rámci předpokládané celkové opravy se doporučuje odstranění a kompletní náhrada krovu. Pro novou konstrukci by se opět použil stejný dřevěný stolicový krov, jaký je na kapli v současnosti. Na horním líci zdi by se měl vybudovat železobetonový věnec [1], [2].

Sokl stavby by se otloukl až na cihelné zdivo, provedly by se nezbytné úpravy (ošetření) cihel a malty. Kaple by se staticky zajistila pomocí lan ve dvou úrovních – v základech (s obetonováním) a pod okny [4]. Věž by se stáhla ve třech úrovních aktivovanými táhly. Před napínáním se proinjektují všechny trhliny mírným přetlakem cementovou maltou.

Zásahy do konstrukce by byly šetrné, vyžadovaly by minimální úpravy (pouze osazení lan, desek, deviátorů, vyřezání kabelových drážek a vrtání náhradních kabelových kanálků atd.), nebyly by po ukončení prací vidět, ale naopak, všechno by bylo skryto, tvary konstrukcí by se nezměnily a architektura stavby by nebyla dotčena [1], [2].

Hlavní myšlenkou předpínání je vnesení vhodně volené vnější předpínací síly (směr, velikost, trasování lan) do konstrukce, vyvolávající příznivé ovlivnění rozložení napětí po průřezech. Konstrukce se pak po předepnutí chová tak, jak ji to bylo předpětím vnuceno. Konstrukce tedy nečeká na to, až se sanační zásah (např. nepředpjatá výztuž přes trhliny ve spárách, kotvení mikrohřeby, bandážování apod.) později uvede do působení (např. novým zatížením, další deformací konstrukce apod.), ale je aktivována téměř ihned [1], [4].

5. Závěr

Současná stabilita kaple je narušena od červotoče zničenou krovovou konstrukcí – to je hlavní a nejvíce nebezpečný úkaz. Základové zdivo a zdivo nad základy je vlhké, musí se po odstranění nevhodné omítky sanovat. Trhlinami narušené zdivo lodi se stáhne lany.

Po statickém zajištění kaple se opraví vnější omítky a narušené vnitřní části stavby (omítky).

Vzhledem k architektonické cennosti objektu a jeho nezastupitelné roli při vytváření charakteru obce se do jeho opravy rozhodně vyplatí investovat.

Poděkování

Tento příspěvek vznikl za podpory projektu specifického vysokoškolského výzkumu FAST-J-11-26.

Literatura

[1] BAŽANT, Z.: Znalecký posudek č. 01/2012 ke stavu kaple sv. Cyrila a Metoděje v Medlicích. Brno, 2012.

[2] BAŽANT, Z.; KOCÁB, D.: technická zpráva k pasportu a zaměření stávajícího stavu kaple sv. Cyrila a Metoděje v Medlicích. Brno, 2012.

- [3] CIKRLE, P.; KOCÁB, D.: Zpráva o zjištění pevnosti zdiva kaple sv. Cyrila a Metoděje v Medlicích. Brno, 2012.
- [4] BAŽANT, Z.; KLUSÁČEK, L.: Statika při rekonstrukcích objektů. 5. vydání. CERM, Brno, 08/2010.
- [5] ČSN ISO 13822 Navrhování stavebních konstrukcí – Hodnocení existujících konstrukcí. ČNI, Praha, 2005.
- [6] ČSN EN 772-1 Zkušební metody pro zdící prvky – Část 1: Stanovení pevnosti v tlaku. ÚNMZ, Praha, 2011.
- [7] ČSN EN 771-1 Specifikace zdících prvků – Část 1: Pálené zdící prvky. ČNI, Praha, 2004.
- [8] ČSN EN 1996-1-1 Navrhování zděných konstrukcí. ČNI, Praha, 2007.
- [9] KUČERA, V.: Zjišťování pevnosti malty ve stávající zděné konstrukci pomocí upravené ruční vrtačky. TaZÚS Praha, 12/1992.
- [10] kol. autorů: Možnosti využití nedestruktivních diagnostických metod ke zjišťování kvality cihel ve starém zdivu. Výzkumná práce ÚSZK, Fakulta stavební VUT v Brně.

Kontakt

Ing. DALIBOR KOCÁB, tel: 00420 541 147 811, e-mail: kocab.d@fce.vutbr.cz, Ústav stavebního zkušebnictví, FAST VUT v Brně, Veveří 95, 602 00 Brno.

doc. Ing. ZDENĚK BAŽANT, CSc., tel: 00420 541 147 862, e-mail: bazant.z@fce.vutbr.cz, Ústav betonových a zděných konstrukcí, FAST VUT v Brně, Veveří 95, 602 00 Brno.

Ing. PETR CIKRLE, Ph.D., tel: 00420 541 147 814, e-mail: cikrle.p@fce.vutbr.cz, Ústav stavebního zkušebnictví, FAST VUT v Brně, Veveří 95, 602 00 Brno.

Bc. JAN KOŠÁREK, e-mail: KosarekJ@study.fce.vutbr.cz

2. – 3. října 2012, FAST VUT v Brně

TEPELNÁ VODIVOST' PLNEJ PÁLENEJ TEHLY PRI CYKLICKÝCH ZMENÁCH RELATÍVNEJ VLHKOSTI

THERMAL CONDUCTIVITY OF BURNT CLAY BRICKS AT CYCLIC CHANGES OF RELATIVE HUMIDITY

Ol'ga Koronthályová

Ústav stavebníctva a architektúry SAV

Anotace:

Aktuálny obsah vlhkosti stavebných materiálov v obvodových konštrukciách zodpovedá, vďaka cyklickým zmenám relatívnej vlhkosti vzduchu a hysteréznym efektom, prechodovým krivkám medzi adsorpčnou a desorpčnou krivkou. Príspevok kvantifikuje vplyv hysterézných efektov na efektívnu tepelnú vodivosť plnej pálenej tehly v hygroskopickojej oblasti.

Annotation:

Actual moisture content of building materials in building envelope corresponds, due to cyclic changes of relative humidity of air and hysteretic effects, to scanning curves between the adsorption and desorption curve. In the paper the influence of the hysteretic effects on effective thermal conductivity of burnt clay brick in hygroscopic range is quantified.

Klíčová slova: *efektívna tepelná vodivosť, plná pálená tehla, sorpčná izoterma, hysterézný efekt, hygroskopická oblasť.*

Keywords: *effective thermal conductivity, burnt clay brick, sorption isotherm, hystereic effect, hygroscopic range.*

1. Introduction

Thermo-insulation ability of a building material results from the coupled effect of dry material thermal conductivity, thermal conductivity dependence on moisture content and an actual moisture content of the material under considered boundary conditions. Materials in building structures are exposed to changing relative humidity (RH) of surrounding air and therefore their actual moisture content corresponds, due to the present hysteretic effects, to the scanning curves between the main adsorption and desorption curve. The paper quantifies the significance of the hysteretic effects on the moisture content and consequently on resultant effective thermal conductivity of ceramic bricks in hygroscopic range. Analysis is done for four types of ceramics bricks, produced by different Slovak factories.

2. Experimental part

The tested bricks are characterised by basic material parameters - namely bulk density, total open porosity and capillary moisture content. The bulk density was calculated from volume and mass of the dried out specimens (oven drying at 105°C). The capillary moisture content is determined from a time-controlled capillary water uptake experiment, the open porosity from water saturation test.

Water vapour main adsorption and desorption isotherms were determined by the standard gravimetric desiccator method, which consists in conditioning the samples in desiccators under constant relative humidity and temperature (23°C) until the static equilibrium is achieved [1]. The measurements were done for seven values of relative humidity (RH): 11.3%, 33%, 53%, 75%, 85%, 94% and 98%. The dimensions of the samples were ca 40 x 40 x 25 mm. The samples were oven dried beforehand at 105 °C.

Thermal conductivity of the brick specimens was measured by transient pulse method using the commercial device ISOMET 2104 with the surface probe API 210412. The used surface probe is suitable for thermal conductivities in the range from 0.3 to 2 W/m·K. The measurement is based on the analysis of the temperature response of the practically semi-infinite body to the heat flow impulse. The heat flow is generated by electrical heating using a resistor heater having a direct thermal contact with the surface of the sample. The declared precision of the

measurement is about 5%. Mean values from five measurements were used in analysis of results. The range of the measured moisture contents of samples was from 0 to 6.3% (by mass). The samples were moistened and conditioned for at least 24 days to achieve homogeneous moisture content distribution. Moisture content was checked before and after the measurement gravimetrically.

3. Results and discussion

Table 1.: Basic materials properties

	Bulk density [kg/m ³]	Open porosity [-]	Capillary moisture content [m ³ /m ³]
Brick P	1377	0.42	0.38
Brick S	1420	0.44	0.39
Brick L	1710	0.33	0.26
Brick D	1724	0.30	0.25

Table 2.: Equilibrium moisture content [kg/kg] during adsorption

RH	11.3%	33%	53%	75%	85%	94%	98%
Brick P	0.0036	0.0044	0.0074	0.0132	0.0194	0.0352	0.0515
Brick S	0.0009	0.0017	0.0021	0.0035	0.0046	0.0078	0.0124
Brick L	0.0013	0.0024	0.0028	0.0053	0.0073	0.0111	0.0143
Brick D	0.0009	0.0012	0.0014	0.0017	0.0022	0.0029	0.0046

Table 3.: Equilibrium moisture content [kg/kg] during desorption

RH	11.3%	33%	53%	75%	85%	94%	98%
Brick P	0.0116	0.0144	0.0212	0.0268	0.0315	0.0424	0.0515
Brick S	0.0028	0.0034	0.0043	0.0055	0.0064	0.0084	0.0124
Brick L	0.0032	0.0045	0.0073	0.0096	0.0104	0.0124	0.0143
Brick D	0.0015	0.0021	0.0026	0.0028	0.0030	0.0035	0.0046

Basic material properties of the tested bricks are presented in Tab. 1. The measured values of equilibrium moisture content during the process of adsorption and desorption from 98% RH are presented in Tab. 2 and

3. The main adsorption and the desorption isotherms from 98% RH are approximated by the modified version of van Genuchten equation [2]:

$$u_m(\varphi) = u_{\max} \cdot \left(1 - \left(\frac{\ln(\varphi + 0.02)}{B} \right) \right)^{-n} \quad (1)$$

where φ is the relative humidity, u_{\max} is the maximum obtained moisture content, B and n are parameters.

The modified version of van Genuchten equation enables to get closer coincidence between the measured and approximated values in case when the approximation is limited to hygroscopic range [2]. This is the case presented in the work where the considered interval of RH is from 0 to 98%. The value of u_{\max} then corresponds to the moisture content at 98% RH (Tab. 2-3). The values of parameters B and n are in Table 4. Resultant approximated adsorption and desorption curves are in Fig. 1.

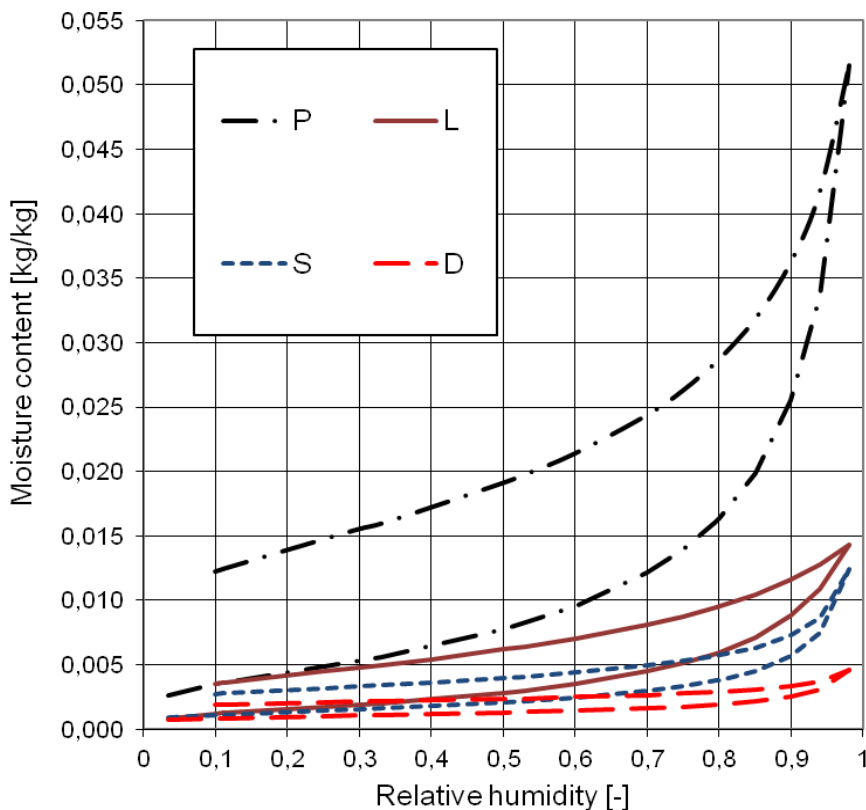


Figure 1.: Adsorption and desorption moisture content of tested bricks approximated by equation (1)

Table 4.: Fitting parameters of modified van Genuchten equation

Material	B – ads.	n – ads.	B – des.	n – des.
Brick P	0.0116	0.0144	0.0212	
Brick S	0.027	0.55556	0.02	0.32258
Brick L	0. 1	0.8	0.185	0.55556
Brick D	0.019	0.35714	0.017	0.18182

In spite of the fact, that the basic material properties of brick P and S as well as L and D are similar, the obtained sorption curves differ significantly (Fig. 1, Tab. 2 – 3). While the changes of the moisture content of brick D are practically negligible within the whole range of considered RH the moisture content of brick P changes significantly. It can be explained by the fact that moisture storage of porous materials in hygroscopic range is primarily determined by their microstructure [3]. The microstructure of bricks can vary depending on particle size distribution, mineralogical and chemical composition, type of burning additives and the way of burnings [4]. All tested bricks show hysteretic behaviour, however this effect seems to be of practical importance only in case of brick P and L.

Generally, depending on properties of a considered building material, various mathematic relations can be obtained for the moisture dependence of thermal conductivity. Here, a linear approximation of experimental results (Eq. 2) is used. The linear approximation is chosen due its simplicity as well as the fact that the accuracy of the linear fit is sufficient for the further analysis of effective thermal conductivity in hygroscopic scope.

$$\lambda(u_m) = \lambda_0 \cdot (1 + b \cdot u_m) \quad (2)$$

where u_m is the moisture content (kg/kg), λ_0 is the thermal conductivity of dry brick, b is thermal conductivity supplement.

The measured values of moisture dependent thermal conductivity of bricks and their approximations are shown in Fig. 2. The obtained parameters of the linear approximation are presented in Tab. 5.

The determined values of the thermal conductivity of the dry bricks correspond well with their porosity, as it has been concluded in the previous work [5]. Differences between the obtained thermal conductivity supplements are insignificant (Tab. 5); therefore a distinction between

the thermal conductivity moisture dependences of particular bricks is caused mainly by the dry thermal conductivity values.

Table 5.: Parameters of linear approximation of thermal conductivity moisture dependence

	Brick P	Brick S	Brick L	Brick D
λ_0 [W/(m.K)]	0.38	0.45	0.64	0.68
b	10.8	12.0	11.6	13.2

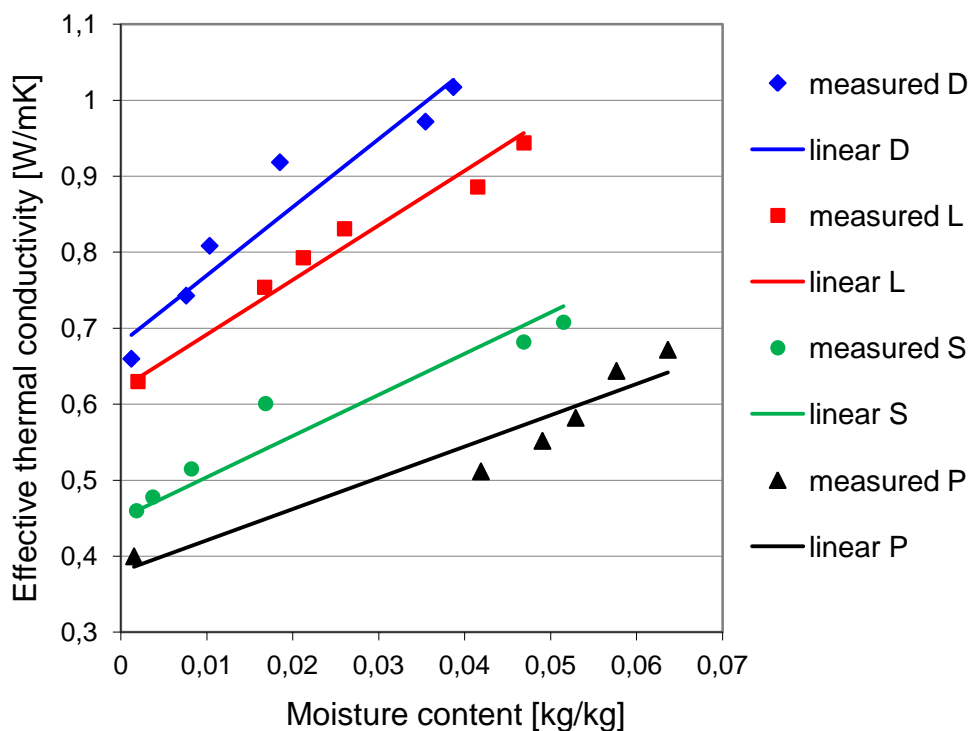


Figure 2.: Moisture dependence of thermal conductivity of tested bricks. Measured values and their linear approximation

Taking into account the determined adsorption/desorption curves (Eq. 1, Fig. 1) and the determined moisture dependence of thermal conductivity (Eq. 2, Fig. 2), the resultant RH dependence of thermal conductivity is calculated (Fig. 3). As can be seen from Fig. 3, hysteretic behaviour has significant effect on resultant effective thermal conductivity only in the case of brick P, where the thermal conductivity at desorption

is higher by ca 12% than the one at adsorption. In case of bricks L and S the difference is about 5%, in case of brick D it is at most 2.7%.

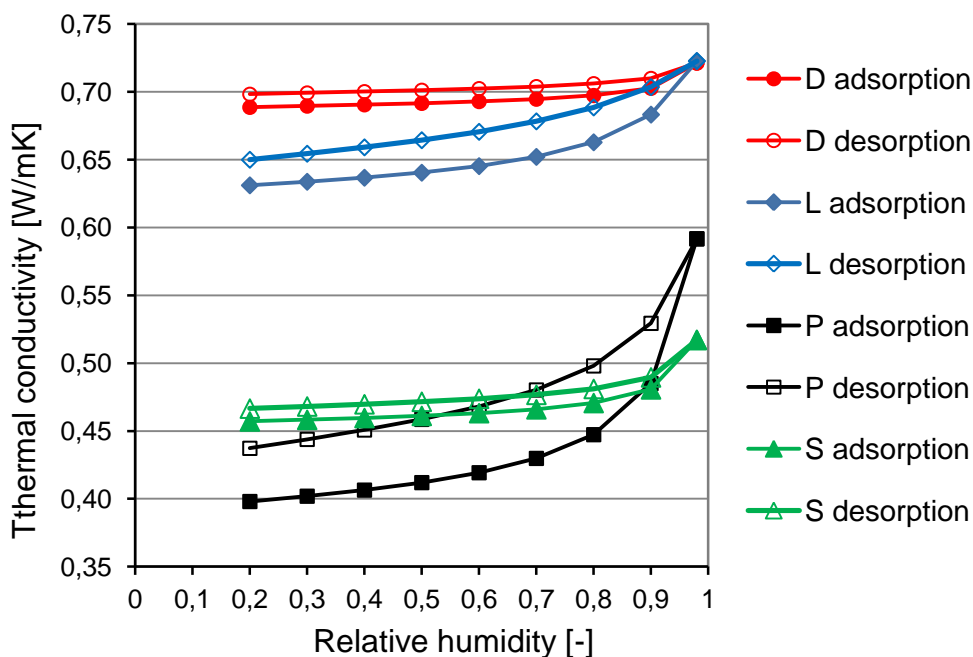


Figure 3.: Effective thermal conductivity of tested bricks vs. relative humidity of air. Comparison of the dependences obtained for the process of adsorption and desorption from 98 % RH.

The standard values of thermal conductivity [6] recommended for ceramic brick in external building structures are 0.64 and 0.78 W/(m.K) for brick with bulk density 1400 and 1700 kg/m³ respectively which means that in hygroscopic range the maximum obtained value of effective thermal conductivity is lower than the standard value.

4. Conclusions

The significance of the hysteretic effects on the moisture content and consequently on resultant effective thermal conductivity in hygroscopic extent was determined for four types of commonly produced ceramic bricks.

The gradients of the linear relations between the effective thermal conductivity and moisture content are dependent mainly on the dry thermal conductivity of bricks.

The determined differences in moisture storage ability of bricks are appreciable and cannot be estimated from the basic material properties. The hysteretic behaviour is noticed in case of all tested bricks however its effect on resultant effective thermal conductivity is significant only in case of brick P.

Aknowledgement

This work was supported by the Scientific Grant Agency VEGA of the Ministry of Education and Slovak Academy of Sciences under the contract No. 2/0159/10

References

- [1] EN ISO 12571:2000 Hygrothermal performance of building materials and products - Determination of hygroscopic sorption properties.
- [2] KORONTHALYOVA O. Water vapour sorption of building materials – modelling of scanning curves. In Proceedings of the 9th Nordic Symposium on Building Physics, NSB 2011, Editors: J. Vinha, J. Piironen, K. Salminen, Department of Civil Engineering, Tampere University of Technology, Finland 2011, p. 655-662, ISBN 978-952-15-2573-5.
- [3] KORONTHALYOVA O. Moisture storage capacity and microstructure of ceramic brick and autoclaved aerated concrete. Construction and Building Materials 2011;25:879-885.
- [4] CULTRONE G et al. Influence of mineralogy and firing temperature on the porosity of bricks. J Eur Ceram Soc 2004;24:547–64.
- [5] KORONTHÁLYOVÁ, O., MATIAŠOVSKÝ, P. Pore structure and thermal conductivity of burnt clay bricks. In Proceedings of Thermophysics 2007, Vydavateľstvo STU, Bratislava, 2007, p. 100-106, ISBN 978-80-227-2746-4.
- [6] STN 73 0540-3: 2002-3. Thermal protection of buildings. Thermal performance of buildings and components. Part 3. Properties of environments and building products.

Kontakt

Mgr. OLGA KORONTHÁLYOVÁ, CSc., tel: +421 259309245, e-mail: olga.koronthalyova@savba.sk, Ústav stavebníctva a architektúry SAV, Dúbravská cesta 9, 845 03 Bratislava

STAVÍME MODERNĚ

MODERN BUILDING

Michaela Kostelecká, Jiří Kolísko

Kloknerův ústav, ČVUT v Praze

Anotace:

Článek je určen především pro studenty fakulty architektury. Nabízí ukázkou použití nových stavebních materiálů, jako je například dekorativní beton, grafický beton, TX – Active nebo rodinné domy stavěné z recyklovatelného materiálu zvaného tetrapak atd. Článek stručně popisuje také nové technologie výroby daných materiálů.

Annotation:

The article is intended for students of faculty of architecture. It shows using of new building materials, such as a decorative concrete, a graphic concrete, a TX – Active or family houses built from recycled material called Tetrapak etc. The article also briefly describes new production technologies of these materials.

Klíčová slova: *Dekoratивní beton, grafický/fotografický beton, TX – Active, tetrapak, UHPC betony*

Keywords: *Decorative concrete, graphic/photographic concrete, TX – Active, Tetrapak, UHPC concrete*

1. Úvod

Stavební trh zaznamenal v poslední době značné turbulence. Kromě toho, že se členské státy EU shodly na tom, že od roku 2020 bude možné stavět jen budovy s minimální spotřebou energií, pořádá několik významných stavebních organizací či architektů přednášky o tom, jak bydlet moderně a přitom příjemně. Jak skloubit architekturu minulosti s architekturou budoucnosti a jak je možné dát historickým budovám novou moderní tvář. Některé nastupující trendy neopomíjí ohled na vlastní soběstačnost a nezávislost na energiích.

2. Příklady použití vybraných nových trendů

2.1. Tetrapak

Jistě znáte černé kontejnery s oranžovým víkem, do nichž nejspíš i vy ukládáte tetrapaky neboli kartonové obaly od mléka, mléčných výrobků, ovocných šťáv, vín a dalších výrobků. Možná ale nevíte, že z těchto kontejnerů pochází výchozí surovina pro zajímavý stavební materiál.

Recyklací tetrapaků vzniká ekologický materiál Flexibuild, jehož využití je široké – dají se z něho stavět rodinné domy (Obrázek 1), bytové domy, rekreační objekty, administrativní budovy, budovy občanské vybavenosti, logistické a skladové objekty včetně nástaveb a vestaveb. Stavební systém Flexibuild je konstrukčně jednoduchý a montovaný systém. Umožňuje již ve standardním provedení dosažení parametrů nízkoenergetické stavby a s odpovídajícími technologiemi i výstavbu pasivních domů [1].

Použitím stavebních dílců Flexibuild o ploše cca 3 m² (2850 x 1190 mm) je možné postavit obvodové zdivo rodinného domu během 5 dní včetně otvorů pro dveře a okna. Výhodou je suchý systém výstavby, který umožní postavit dům od základového hranolu až po střešinu bez zdoluhavých technologických přestávek. Další výhodou je, že dům je postavený ze sendvičových panelů, takže má minimální množství spár a spojů, čímž se docílí příznivé tepelně – technické parametry a vzduchotěsnost. Rodinné domy z tetrapaků je možné postavit na klíč za 3 měsíce. Orientační cena od vybrané společnosti v ČR se pohybuje – deska Basic od 99 – 222 Kč/m², Sandwich od 430 – 695 Kč/m², izolace Basic od 355 – 695 Kč/m² [2].



Obrázek 1: Stavba domu z tetrapaků [1]



Obrázek 2.: Dekorativní beton [3]

2.2. Dekorativní beton

Při prvním pohledu vám bude připadat jako keramická či kamenná dlažba (Obrázek 2), obklad či obraz, umělecké dílo. Ovšem nic z toho to není. Je to jemnozrný beton odpovídajících pevnosti a odolnosti (nejčastěji XC v interiéru a XC, XF v exteriéru). Je to proces, který transformuje stávající beton na vzhled podlahových krytin, obkladů stěn, sloupů či stropů. Povrch betonu se upraví gravírováním, broušením a rytím. Takto upravený povrch betonu se barví a maluje dle libovolných barev a vzorů dle přání zákazníka, následně se povrch fixuje epoxidovou vrstvou, která působí jako ochrana barevného a tvarového zpracování před působením vnějších vlivů (mráz, sníh, déšť).

Pokud se jedná o starší betonovou plochu, je potřeba jí důkladně vyčistit (nejlépe vysokotlakým vodním proudem – wapem) a vyspravit případné trhliny či spáry.

Využití dekorativního betonu je všestranné, uvnitř i vně – podlahy, stěny, schodiště, chodníky, příjezdové cesty, terasy, balkóny, kuchyňské linky, pracovní desky, stoly apod. V podstatě lze upravit jakoukoliv betonovou plochu, jak novou tak starou. Na některých površích lze provést dekorativní bezpečnostní drážkování. V ČR už existují společnosti, které realizují stavby od návrhů až po projektovou dokumentaci. Orientační cena se pohybuje – úprava gravírováním od 350 Kč/m²; barvení, vzor a epoxid 800 Kč/m²; vytvoření loga od 1200 Kč/m², set betonového nábytku od 10 000 Kč/m² [3].

2.3. GRAFICKÝ NEBO FOTOGRAFICKÝ BETON

Nelíbí se vám vzhled charakteristického povrchového betonu? Pak existuje nová technologie v oblasti těchto pohledových betonů, která umožňuje „obtisknout“ do betonu libovolný obrázek či fotografii (Obrázek 3). Technologie výroby spočívá v tom, že se na folii, která je vložená do formy, nanese zpoždovač tuhnutí betonu. Po odstranění formy se folie sloupne, následně se plocha ostříkne vodou, čímž se vypláchne nehydratovaný cementový tmel a na místě, které bylo ovlivněné zpoždovačem, se tak odhalí použité kamenivo. Grafický vzor na povrchu betonu tedy vzniká kontrastem mezi světlým hladkým povrchem a „exponovaným“ povrchem, ze kterého se odstraní folie s nehydratovaným cementem. Na povrch pak vystupuje jemné kamenivo. Pomocí velikosti a rozestupu bodů rastru, s ohledem na vzdálenost pozorovatele, lze „obtisknout“ do betonu libovolný obrázek nebo

fotografii nebo libovolný grafický motiv. V ČR vzrůstá počet společností, které si zakoupily licenci finského původního autora k výrobě grafického betonu. Cenu výrazně ovlivňují požadavky, orientační základní cena se pohybuje od 3700 Kč/m² [5, 6].



Obrázek 3.: Grafický beton [5]

2.3. TX - Active

Také vás trápí jeden z významných problémů ve vašem městě - škodlivé oxidy dusíku produkované silniční dopravou? Tyto škodlivé plyny mohou způsobit především u dětí zvýšené riziko onemocnění dýchacího ústrojí. Jsou rovněž nejvíce nebezpečné pro plod v těle matky.

Možnost významným způsobem zlepšit kvalitu prostředí v našich městech přináší společnost HeidelbergCement, přední světový výrobce stavebních hmot. Společnost vyvinula cement TioCem s unikátní technologií TX Active pro stavební materiály a výrobky, které pomocí denního světla mají schopnost rozkládat škodlivé látky v ovzduší.

TX Active (Obrázek 4) jsou revoluční stavební materiály se samočisticí schopností, které pomocí světla snižují množství škodlivin v ovzduší a tím čistí vzduch podobně jako stromy a zeleň. Z těchto materiálů lze stavět vše, co běžně budujeme z cementu. Podstatou technologie TX Active je použití cementu s obsahem fotokatalyzátoru, tedy látky urychlující přirozený rozklad nečistot působením světla. Fotokatalytická oxidace NO_x na neškodný NO_3^- je kontaktní reakcí, která je aktivována světlem, a tudíž k ní dochází jen na povrchu. Vyprodukovaný NO_3^- není toxický ani zdraví nebezpečný. Je neutralizován na povrchu betonu a smyje se při prvním dešti. Rychlost fotokatalytické reakce závisí na intenzitě světla, koncentraci škodlivin a na proudění vzduchu.

Reálné stavby lze najít nejenom v cizině ale také v pražské lokalitě Bubeneč (bytový dům, návrh Ing. Arch. John Eisler) [7].



Obrázek 4.: Samočisticí stavby TX Active [7]

2.3. UHPC BETONY

UHPC (Ultra High Performance Concrete) jsou ultra vysoko pevnostní betony, často označovány jako „Reactive Powder Concrete“ („Reaktivní práškový beton“), neboť pod tímto názvem si je patentovala v roce 1994 francouzská společnost.

Pevnost v tlaku se u těchto materiálů pohybuje v rozmezí 126 – 230 MPa a pevnost v tahu 50 MPa. UHPC betony obsahují portlandský cement,

křemičitý prach, křemičitý písek, křemičité úlety, vodu, přísady redukující vodu a ocelová nebo organická vlákna. Podle typu použitých vláken lze ovlivnit pevnost v tlaku.

Reálné stavby (Obrázek 5) lze ve větší míře najít v cizině. Jedná se nejvíce o mostní konstrukce (například v USA: Mars Hill Bridge ve Wapello Country - první most s UHPC v USA zprovozněn v roce 2006, Cat point Creek Bridge ve Virginii zprovozněn v roce 2008, Jakway Park Bridge v Buchanan Country zprovozněn v roce 2008,...). Postavit rodinný dům z UHPC betonu by bylo velmi nákladné, neboť cena se pohybuje cca 15 000,- Kč/m³ [8].



Obrázek 5.: Wapello Country / mars Hill Bridge, Iowa v USA – aplikace UHPC [9]

3. ZÁVĚR

Tento článek je určen především pro studenty fakulty architektury, neboť právě oni, kteří jsou věčně nespokojeni s námi upřednostňovanými dlouho ověřenými stavebními materiály, jako je beton a dřevo, motivovali autory k danému tématu. Cílem článku je seznámit čtenáře s novými pokroky ve stavebnictví. Mnohé z uvedených technologií jsou v České republice nové, ale v Evropě jsou již vyzkoušené a provozované.

Poděkování

Výsledky uvedené v článku byly získány v rámci řešení projektu získaného grantovou agenturou ČVUT v Praze za podpory specifického vysokoškolského výzkumu (grant č. SGS12/170/OHK1/2T/31) a Technologické agentury České republiky (grant č. TA01010269).

Literatura

- [1] www.mujdum.cz
- [2] www.flexibuild.cz
- [3] [http:// engrave.cz](http://engrave.cz)
- [4] www.ebeton.cz
- [5] www.graphicconcrete.com
- [6] Margoldová J.: Grafický nebo fotografický beton, Beton TKS 1/2010, p. 37-38
- [7] www.txactive.cz
- [8] GRAYBEAL, B.: Material Property Characterization of Ultra-Hight Performance Concrete, Federal Highway Administration, Report No. FHWA-HRT-06-103, August 2006
- [9] www.ductal-lafarge.com

Kontakt

Ing. MICHAELA KOSTELECKÁ, tel: 00420 224 353 522, e-mail: michaela.kostelecka@klok.cvut.cz, Kloknerův ústav, ČVUT v Praze, Šolínova 7, 166 08 Praha.

Doc. Ing. JIRÍ KOLÍSKO, Ph.D., tel: 00420 224 353 545, e-mail: jiri.kolisko@klok.cvut.cz, Kloknerův ústav, ČVUT v Praze, Šolínova 7, 166 08 Praha.

POPÍLKY PRO HVFAC

FLY ASH FOR HVFAC

**Lucie Kratochvíle¹, Jiří Kolísko¹,
Hana Šáchová², Petr Huňka¹**

¹ Kloknerův ústav, ČVUT v Praze,
² Chryso Chemie, s.r.o.

Anotace:

Vývoj a aplikace HVFAC v ČR je nelehký úkol. Pro výrobu HVFAC jsou důležité vstupní suroviny, zejména kvalita a vlastnosti popílků, které se pro výrobu HVFAC používají. V článku jsou porovnány chemicko-fyzikální vlastnosti tuzemských popílků se zahraničním popínkem používaným pro betony HVFAC.

Annotation:

Development and application HVFAC in the Czech Republic is no easy task. For production HVFAC are important raw materials, especially the quality and characteristics of the ash, which is used for the production HVFAC. The article will be compared with chemical and physical properties of domestic fly ash with fly ash foreign.

Klíčová slova: popílek, HVFAC, chemicko-fyzikální vlastnosti

Keywords: fly ash, HVFAC, chemical and physical properties

1. HVFAC ve světě a v ČR

1.1. Definice

Termín HVFAC – (High Volume Fly Ash Concrete) beton s vysokým obsahem popílku použil Malhotra koncem osmdesátých let 20. století. Tento beton se vyznačuje malým vodním součinitelem a min 50% náhradou cementu popílkem zařazeným dle ASTM do třídy F. Díky nízkému vodnímu součiniteli a použití chemických přísad vyvinutých přímo pro HVFAC je zpracovatelnost sednutím kužele těchto betonů na úrovni 150-200 mm. V situacích kdy nejsou požadovány vysoké pevnosti v tlaku a vyšší zpracovatelnost lze do jisté míry použití přísad zlepšujících konzistenci omezit.

U HVFAC se uvádí, že mají dobrou zpracovatelnost, malý vývin hydratačního tepla, nižší počáteční pevnosti ale relativně vysoké dlouhodobé pevnosti. Rovněž mají malé smrštění, vysokou trvanlivost a v podstatě je můžeme zařadit do vysokohodnotných betonů [1].

1.2. Použití

Obecně lze říci, že o HVFAC lze mluvit od náhrad 30% cementu popílkem v závislosti na tom, v jaké lokalitě byl daný HVFAC použit. V zahraničí se HVFAC uplatňuje v transportbetonu a to především u tříd pevnosti C 16/20 až C 30/37, typickým použitím jsou monolitické konstrukce jako např. základové konstrukce, sloupy, desky, průvlaky, opěrné stěny, betonové chodníky atd. Nespornou a nezanedbatelnou výhodou HVFAC betonu je ekologické hledisko, neboť takové betony lze označit jako takzvané „green concretes“.

2. Zkoušené popílký

Záměrem projektu je vybrat nejvhodnější popílek pro vývoj HVFAC z tuzemských surovin. Pro zkoušky byly vybrány následující běžně používané popílký do betonu v České republice:

- Hnědouhelný popílek z elektrárny Ledvice (ozn. L)
- Hnědouhelný popílek z elektrárny Chvaletice (ozn. C)
- Hnědouhelný popílek z elektrárny Mělník (ozn. M)
- Hnědouhelný popílek z elektrárny Opatovice (ozn. O)
- Černouhelný popílek z elektrárny Dětmarovice (ozn. D)

Jako referenční popílek byl vybrán černouhelný popílek Dura-Pozz z elektrárny Lethabo, Jihoafrická republika (ozn. J).

Tento popílek se vyznačuje rovnoměrnou kvalitou, deklarovanou vysokou jemností a řadí se mezi vysoce kvalitní popílky v Jihoafrické republice. Zcela běžně se používá do betonů jako náhrada cementu v množství často přesahujících 30 % hm [3]. Srovnání českých popílků s tímto referenčním popílkem bylo provedeno z důvodu posouzení kvality českých popílků ve světovém měřítku. Snahou výzkumu je poznat v jakých charakteristikách složení mají české popílky ještě rezervy.

Celkem bylo analyzováno 6 různých popílků a dva vybrané cementy označené jako CEM A (CEM I 42,5 R) a CEM B (CEM II/A-LL 42,5 R).

3. Chemicko-fyzikální vlastnosti vybraných popílků

3.1. Chemické složení popílků

Výsledky z klasické chemické analýzy jsou uvedeny v tabulce 1. Hodnoty z klasické chemické analýzy se liší od hodnot získaných z XRF analýzy v případě minoritních sloučenin minimálně, v případě majoritních sloučenin existují rozdíly v rozmezí 1 až 3 %, jedná se však o rozdíly stejného charakteru, tj. obsah CaO a SiO₂ je vždy vyšší, obsah Fe₂O₃, TiO₂ vždy nižší a obsah Al₂O₃ je srovnatelný nebo nižší u klasické chemické analýzy než u XRF-analýzy.

Tabulka 1: Chemické složení popílků a cementů, jejich měrná hmotnost, měrný povrch a index pucolánového potenciálu [2]

Složení v %	popílek						cement	
	L	M	C	O	D	J	CEM A	CEM B
Ztráta žíháním	0,59	0,84	1,11	0,68	1,78	1,84	5,52	3,24
CaO	4,21	2,50	4,77	2,00	5,61	3,2	61,3	63,4
SiO ₂	52,8	55,1	50,3	57,7	55,0	54,4	18,2	19,61
Al ₂ O ₃	31,9	31,5	25,8	29,5	24,7	33,1	6,15	4,68
Fe ₂ O ₃	4,72	4,76	13,17	4,26	5,63	4,10	3,09	2,67
K ₂ O	1,19	1,65	1,21	2,09	2,76	0,70	1,04	0,76
Na ₂ O _{ekv.}	0,32	0,29	0,46	0,31	0,65	0,29	0,13	0,14
CaO _{vol.}	0,11	< 0,1	0,11	< 0,1	0,10	0,17	-	-
SO ₃	0,4	0,2	0,6	0,2	0,2	0,15	2,63	2,35
SiO ₂ +Al ₂ O ₃ +Fe ₂ O ₃	89,42	91,36	89,27	91,46	85,33	89,17	27,40	26,96
PPI [51]	0,37	0,52	0,47	0,71	1,12	0,21	--	--
Měrná hmotnost (kg/m ³)	1930	1850	1930	2015	2300	2380	3090	3080
Vlhkost (%)	0,26	0,28	0,32	0,23	0,27	0,24	--	--
Měrný povrch (m ² /kg)	230	191	225	213	285	367	420	333

České popílký patří podle klasifikace uvedené v [1] mezi nízko vápenaté popílký (kategorie F podle ASTM 6618). Jak ukazují data v tabulce 1, nejsou extrémní rozdíly v obsahu stanovených oxidů. Jedinou výjimku představuje popílek Chvaletice, který se vyznačuje vysokým obsahem Fe_2O_3 . Všechny popílký mají velmi nízkou ztrátu žíhání. Ztráta žíhání zachycuje podíl organického uhlíku. Čím je obsah organického uhlíku vyšší, tím větší má popílek potřebu vody a tím hůře se beton vyrobený s tímto popílkem provzdušňuje. Proto je požadováno, aby velikost ztráty žíháním byla u kvalitních popílků co nejnižší.

Reaktivitu popílků je také možno posoudit za pomoci kvantitativní XRD analýzy při použití vnitřního standardu s vyhodnocením podle Rietveldovy metody. Ačkoliv je reaktivní skelná fáze rentgenamorfní, je tímto způsobem možno zjistit obsah dalších nereaktivních nebo velmi málo reaktivních fází (mullitu, maghemitu, hematitu, krystalického křemene, anhydritu), a tak nepřímou posoudit reaktivitu testovaných popílků.

V práci [2] byl pro hodnocení obsahu pucolánových fází odvozen tzv. index pucolánového potenciálu (PPI = Puzzolanic Potential Index). Tento index hodnotí schopnost popílků účastnit se pucolánové reakce vedoucí k nárůstu dlouhodobých pevností. Při odvození PPI se vycházelo z toho, že v jílových nečistotách obsažených ve spalovaném uhlí jsou různé podíly illitu a kaolinitu. Zatímco se při spalování uhlí vytváří z kaolinitu mullit, z illitu převážně vzniká díky obsahu K_2O , jenž působí jako tavidlo, skelná fáze (pucolán). Molární poměr mezi K_2O a Al_2O_3 odráží relativní poměr mezi illitem a kaolinitem a je přímo úměrný obsahu skelné fáze v popílků. Vypočte se ze vztahu:

$$\text{Index PPI} = 10 \cdot \text{obsah } \text{K}_2\text{O} / \text{obsah } \text{Al}_2\text{O}_3 = 10 \cdot \text{K/A}$$

Autoři práce [2] rozeznávají na základě velikosti PPI tři třídy popílků:

Třída 1 Popílký s vysokým PPI ($\text{K/A} \cdot 10 > 1.0$)
Třída 2 Popílký se středním PPI ($0,5 < (\text{K/A}) \cdot 10 < 1.0$)
Třída 3 Popílký s nízkým PPI ($\text{K/A} \cdot 10 < 0.5$)

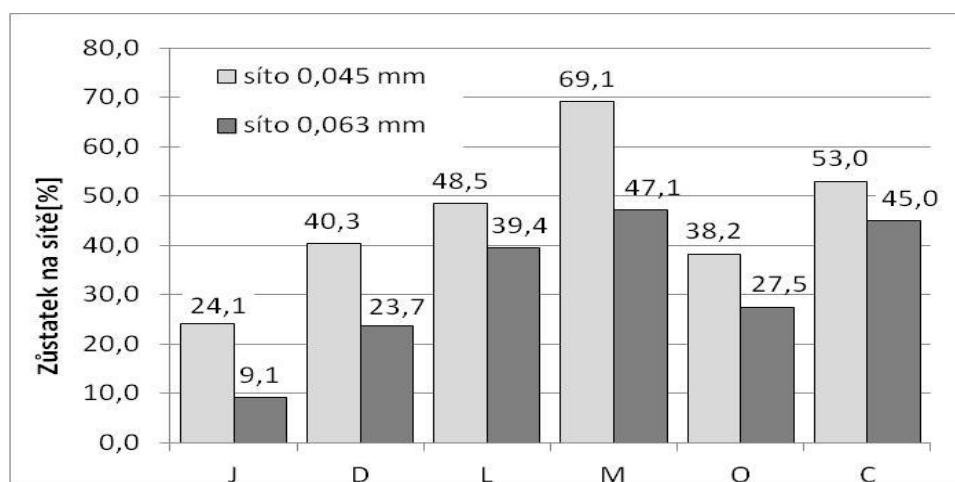
Index PPI je uveden v tabulce 1. Nejvyšší hodnotu PPI má popílek Dětmárovice (třída 1), nejnižší pak popílek Dura-Pozz (třída 3), z českých popílků má nejhorší PPI popílek Ledvice.

3.2. Zrnitost popílků

Zrnitost popílků, hodnocená jako zůstatek na síť 0,045 mm, se zkouší podle normy EN 451-2 proséváním za mokra. Dle zůstatku na síť 0,045 mm jsou v normě EN 450-1 klasifikovány dvě kategorie popílků:

- Kategorie N – maximální zůstatek na síti 40 %
- Kategorie S – maximální zůstatek na síti 12 %

Prosévání bylo provedeno za sucha, doba prosévání činila 60 minut, zkušební síto bylo opatřeno víkem proti úniku jemných částic. U každého popílku byla provedena 2 stanovení, vyhodnocena průměrná hodnota a chyba měření. Byl stanoven zůstatek jak na síti 0,045 mm, tak i na síti 0,063 mm (obr. 1).



Obr. 1: Stanovení jemnosti popílků – zůstatek na síti 0,045 mm a 0,063 mm – prosévání za sucha

Ačkoliv se námi zvolený zkušební postup lišil od normového postupu, lze s jistotou tvrdit, že všechny testované české popílků vyhovují pouze kategorii N a popílek Dura-Pozz je výrazně jemnější než české popílků.

V tabulce 1 jsou dále uvedeny výsledky stanovení měrného povrchu popílků podle Blaine (ČSN EN 196-6). Hodnoty měrného povrchu cementů jsou převzaty ze statistiky kvality, kterou uveřejňují výrobci cementu.

V tabulce 2 jsou vybrány dílčí četnosti zastoupení jednotlivých částic popílku resp. cementu, které byly získány měřením v laserovém granulometru a je zde vyhodnocena střední velikost částic (D50). Grafické vyhodnocení zrnitosti je uvedeno na obrázku 3. Granulometrické rozborů z laserového granulometru ukazují, že jihoafrický popílek má zrnitost podobnou testovaným cementům, české popílků jsou výrazně hrubší a o jak velký rozdíl se jedná, je dobře patrné ze střední velikosti částic D50 (tab. 2).

Ze zhodnocení všech provedených granulometrických analýz plyne, že mezi českými popílků nejsou výrazné rozdíly. Přesto lze rozlišit dvě

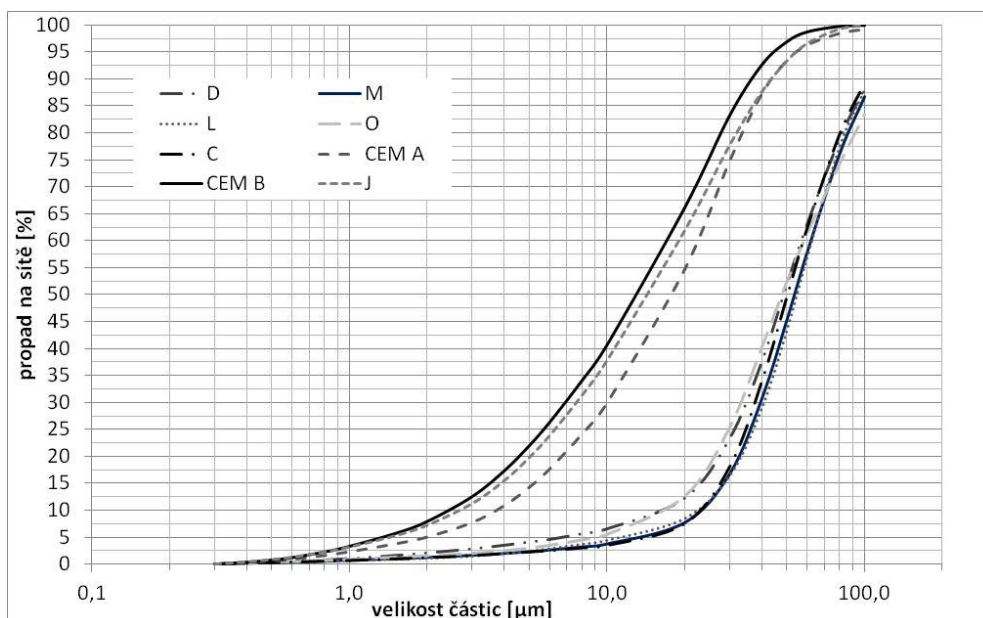
skupiny zrnitosti mezi českými popílků. Nejméně jemný je popílek Mělník a společně s popílkem Chvaletice tvoří skupinu popílků s nízkou jemností. Popílek Dětmárovice a Opatovice patří mezi nejjemnější české popílků. Mezi oběma skupinami se nachází popílek Ledvice. Popílek Opatovice se vyznačuje tím, že má velké zastoupení jak malých částic (pod 20 mikronů), tak i velkých částic (nad 100 mikronů).

Z tohoto důvodu má obdobný měrný povrch jako popílek Ledvice, ačkoliv z výsledků zůstatků na síti je zrnitostně podobný popílků Dětmárovice. Na základě těchto výsledků hodnotíme popílek Dětmárovice jako nejjemnější český popílek.

Tabulka 2: Velikost částic v mikronech, které jsou zastoupeny s četností 10, 50 (střední velikost částic) a 90 % obj.

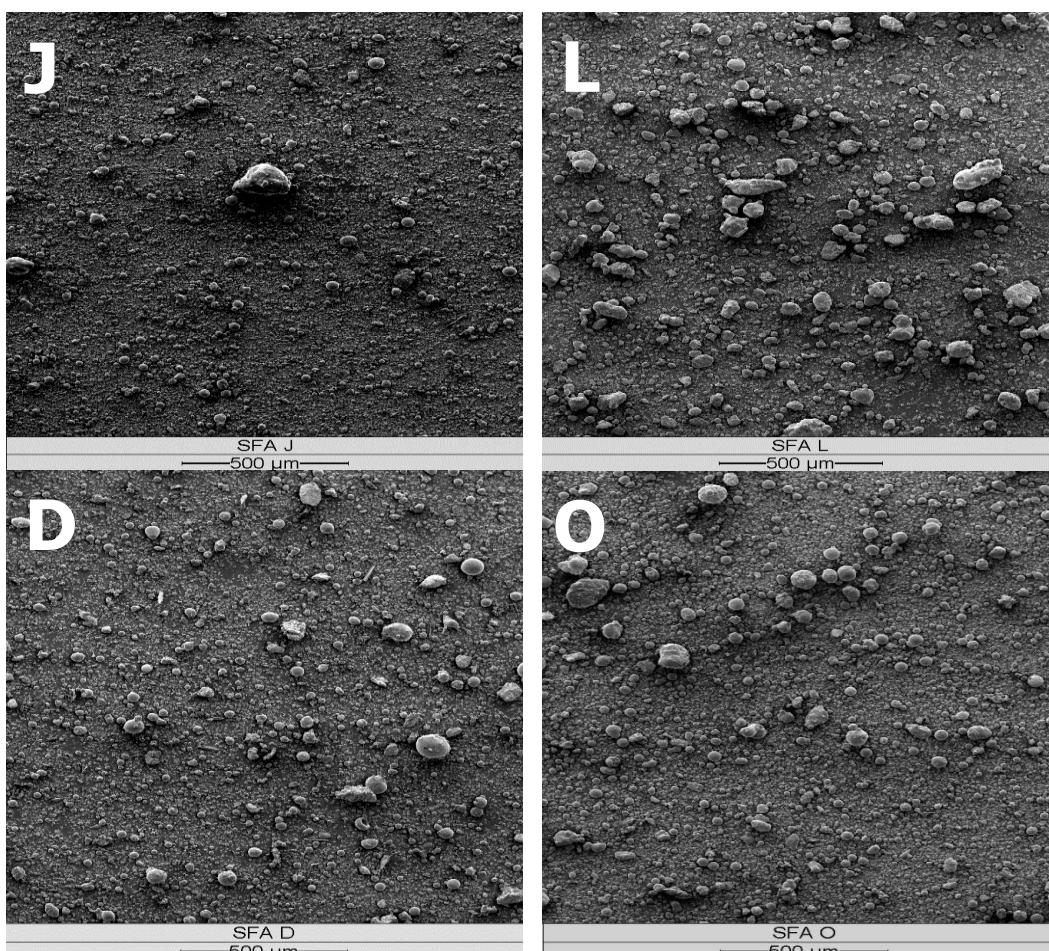
četnost	popílek						cement	
	L	M	O	C	D	J	CEM A	CEM B
%	μm	μm	μm	μm	μm	μm	μm	μm
D10	22,5	23,3	17,2	23,1	16,8	2,8	2,5	3,7
D50 (medián)	54,6	53,5	47,7	50,2	48,4	14,7	13,3	18,0
D90	105,9	109,9	122,6	102,2	104,8	43,4	36,3	43,4

Pozn.: **Kurzíva** značí největší velikost částice a **podtržení** značí nejmenší velikost částice pro danou četnost



Obr. 3: Souhrnná křivka zrnitosti popílků a cementů z laserového granulometru

Z obrázku 4 je patrné, že popílek J je nejjemnější, nejhrubší je popílek L a popílek O má nejvíce kulovitých částic. Popílek D je z tuzemských popílků nejjemnější, což je patrné z obrázku 4.



Obr. 4: Snímky z elektronového mikroskopu, zvětšení 50krát

3.3. Vyhodnocení vodonáročnosti popílků

Požadavek na množství vody (vodonáročnost, potřeba vody) je jednou z klíčových charakteristik, které rozhodují o vhodnosti použití popílku do HVFAC. Pokud popílek má vodonáročnost vyšší než použitý cement, bude pro zajištění neměnné konzistence betonu nezbytné přidat vodu nebo zvýšit dávku superplastifikační přísady. Vzhledem k tomu, že pro dosažení srovnatelných pevností HVFAC v porovnání s betonem bez obsahu popílku nebo s popílkem v malém objemovém zastoupení je nezbytné výrazným způsobem snížit velikost vodního součinitele,

je třeba volit popílek s vodonáročností nižší nebo alespoň srovnatelnou než má použitý cement.

Vodonáročnost popílků je možné posuzovat řadou normových i nenormových zkušebních postupů. V ČSN EN 450-1 v příloze B je popsán zkušební postup pro stanovení požadavku na množství vody popílku. Princip metody spočívá ve stanovení množství vody, které je třeba přidat do malty s 30 %hm. náhradou cementu zkoušeným popílkem, aby byla dosažena stejná konzistence, jakou má čistě cementová malta s vodním součinitelem o velikosti 0,5. Výsledky zkoušky vodonáročnosti popílků jsou uvedeny v tabulce 3 a byly získány výpočtem podle vztahu:

Vodonáročnost popílku (%) = $100 \cdot (M/225)$, kde M je hmotnost vody použité ve zkušební cementopopílkové maltě. Hodnoty menší jak 100 % znamenají, že popílek má nižší vodonáročnost než použitý cement.

Tabulka 3: Stanovení vodonáročnosti popílků podle EN 450-1 příloha B.

	CEM A	CEM B
D	95,6	93,3
O	102,2	102,2
L	106,7	102,2
C	108,9	106,7
M	106,7	102,2
J	93,3	93,3
cement	100	100

Popílek Dětmorovice má jako jediný z českých popílků nižší vodonáročnost než oba vybrané cementy. Nejvyšší potřebu vody vykazuje popílek Chvaletice.

3.4. Vyhodnocení reaktivity popílků

Reaktivita popílků se nejběžněji hodnotí na základě porovnání poměru pevnosti v tlaku zkušebních trámečků vyrobených z cementopopílkové malty a trámečků připravených z cementové malty bez popílku, zkoušených ve stejném stáří.

Norma ČSN 722071 Popílek pro stavební účely, která však není přímo určena pro popílek do betonu, uvádí zkušební postup pro stanovení indexu účinnosti. Index účinnosti se stanovuje na maltách vyrobených podle EN 196-1, přičemž v případě zkušební cementopopílkové malty

je pojivo složeno ze 75 % cementu a 25 % popílku. Index účinnosti se hodnotí po 28 dnech, resp. 90 dnech a měl by být min. 75% resp. 85%. V tabulce 4 je uveden index účinnosti po 28 dnech námi zkoušených popílků v kombinaci s cementem CEM II/A-LL 42,5 R Hranice. Z hlediska velikosti indexu účinnosti je nejlepším českým popílkem popílek Dětmárovice, výrazně však zaostává za popílkem Dura-Pozz.

Tabulka 4: Index účinnosti popílků po 28 dnech v kombinaci s CEM A, pro zajímavost uveden i index účinnosti vypočtený z pevnosti v tahu za ohybu.

Popílek	Index účinnosti po 28 dnech	
	Pevnost v tlaku	Pevnost v tahu za ohybu
L	61,9	72,1
M	61,9	55,8
O	67,6	71,2
C	61,0	71,2
D	76,2	74,0
J	88,7	106,7
CEM A	100,0	100,0

4. Závěr

Na základě výsledků zkoušek chemicko – fyzikálních vlastností byl pro další zkoušky prováděné již na betonech vybrán popílek Dětmárovice (jemnost, kvalita, vhodná zrnitost a vodonáročnost).

V současné době probíhá vývoj vhodných chemických přísad pro betony HVFAC. Provádí se ověřování receptur betonů s popílkem Dětmárovice a Ledvice s různou náhradou cementu popílkem (10% až 70% hmotnosti cementu). Zkoušky jsou zaměřeny převážně na mechanické vlastnosti směsí po 28, 56 a 90 dnech na vzorcích 40 x 40 x 160 mm. Rovněž jsou míchány větší vzorky, jako krychle o hraně 150 mm, popř. trámce 100 x 100 x 400 mm nebo válce průměr 150 mm a výšky 300 mm pro určení pevnosti v tlaku, pevnosti v tahu za ohybu a modulů pružnosti na navržených betonech HVFAC. Bez zajímavosti nejsou ani výsledky sledování vývinu hydratačního tepla betonů s různým stupněm náhrady cementu popílkem pro aplikaci HVFAC do masivních konstrukcí, kde vysoké hydratační teploty nejsou žádoucí. Rovněž jsou prováděny trvanlivostní zkoušky.

Poděkování

Výsledky uvedené v článku byly získány v rámci řešení projektu TIP-FR-TI3/747 Betony s velmi vysokým obsahem popílku v transportbetonu - HVFAC a grantu č. SGS12/170/OHK1/2T/31.

Literatura

- [1] MALHOTRA, V.M.; MEHTA P.K.: High-performance high volume fly ash concrete: Materials, Mixture Proportioning, Properties, Constuction Practice and Case Histories. Second Edition, 2005, ISBN 0-9731507-2-6.
- [2] HUBBARD, F.H. et.al: Pulverized-Fuel ash for concrete: Compositional characterization of United Kingdom PFA. Cement and Concrete Research, Vol. 15, pp. 185-198, 1985.
- [3] www.ashresources.co.za

Kontakt

Ing. LUCIE KRATOCHVÍLE, tel: 00420 224 353 518, e-mail: anton.o@fce.vutbr.cz, Kloknerův ústav, ČVUT v Praze, Šolínova 7, 166 08 Praha 6 - Dejvice.

Doc. Ing. JIŘÍ KOLÍSKO, Ph.D., tel: 00420 224 353 537, e-mail: jiri.kolisko@klok.cvut.cz, Kloknerův ústav, ČVUT v Praze, Šolínova 7, 166 08 Praha 6 - Dejvice.

Ing. HANA ŠÁCHOVÁ, Ph.D., tel: 00420 416 577 572, e-mail: hana.sachova@chryso.com, Chryso Chemie, s.r.o., výrobní závod, areál Lafarge Cement, a.s., 411 12 Čížkovice

Ing. PETR HUŇKA, TEL: 00420 224 353 521, e-mail: petr.hunka@klok.cvut.cz, Kloknerův ústav, ČVUT v Praze, Šolínova 7, 166 08 Praha 6 - Dejvice.

EXPERIMENTÁLNÍ VÝZKUM TRADIČNÍCH VÁPENNÝCH POJIV

EXPERIMENTAL STUDY OF TRADITIONAL LIME BINDERS

**Tomáš Matas, Jan Válek,
Josef Jiroušek**

Úsek diagnostiky historických konstrukcí,
ÚTAM AV ČR, v. v. i.,

Anotace:

Za účelem obnovení výroby některých vápenných pojiv využívaných v minulosti byl vyvinut prototyp experimentální vápenné pece. Experimentální výzkum se v první fázi zabývá kvalitou vápenné kaše a vlivem výpalu na její kvalitu, kde se uplatňují jak normové zkoušky, tak speciálně navržené zkušební postupy.

Annotation:

Prototype of a lime kiln has been developed in order to replicate production of selected lime binders used in the past. Experimental study deals with quality of lime putty and the influence of calcination on its quality. Standardised test are used along with specially designed experimental tests for the description of the products.

Klíčová slova: *vápenná pec, malovýroba vápna, vápno pro památkovou péči, vápenná kaše, experimentální zkoušky*

Keywords: *lime kiln, small-scale lime production, lime for building conservation, lime putty, experimental tests*

1. Úvod

Výroba vápna byla v historii na našem území velmi rozšířena díky takřka všudypřítomné dostupnosti surovin a relativně jednoduché technologii výpalu. V dnešní době je celý proces moderní výroby vápenných pojiv popsán výzkumem (souhrnně je současné technologie popsána např. [1]). Výroba a provoz se řídí ekonomickými faktory a nové technologie směřují zejména k co nejefektivnějšímu využití surovin a energie. V Evropě se malo-výroba vápna tradičním způsobem zachovala pouze velmi okrajově v některých zemích. Příkladem může být využití jedno-dávkových šachtových pecí v Portugalsku [2]. Souhrnně lze říci, že využívání vápna jako hlavního pojiva malt (stavebních hmot) dlouhodobě výrazně klesá a vápno s ohledem na jiná dostupná pojiva ztrácí na významu, který ještě relativně nedávno mělo. Potřeba vápna pro opravu památek tvoří jen velmi nepatrný segment celé produkce a není rozhodujícím faktorem.

Podíváme-li se na zájem o vápno jako pojivo malt či nátěrů z pohledu ochrany památek, pak je zřejmé, že na trhu není dostatečný sortiment, který by vyhovoval požadavkům a nárokům na opravy. Bohužel chybí i technologie zpracování a realizační firmy. Pro vzhled historických staveb je použitý materiál určující. Při opravách historických staveb se tak často vyskytuje otázka vhodnosti materiálů, které jsou v současné době k dispozici. Soudobě vyráběné materiály totiž mnohdy nejsou vhodnou náhradou materiálů historických, a ačkoliv se mohou nazývat obdobně, nemusejí mít stejné výsledné vlastnosti (mechanicko-fyzikální, estetické). V současné době, jsou u nás vyráběna pouze nehydraulická (vzdušná) vápenná pojiva technologií, která se zásadně liší od tradiční malovýroby vápenných pojiv. Na druhou stranu z analýz historických malt na našem území známe širokou škálu hydraulických vápenných pojivových systémů [3, 4]. Místo využití tradičních surovin jsou k dispozici předpřipravené suché maltové směsi, které mají značnou podporu nadnárodních společností, ale primárně jsou určeny pro novostavby.

Tradičním palivem pro kalcinaci vápence bylo v minulosti dřevo, které bylo později nahrazeno uhlím a dalšími palivy. Výpal dřevem poskytuje tzv. dlouhý plamen, dosahuje nižších teplot a množství vzduchu proudící skrz pec je vyšší než při použití uhlí jako paliva. Velikostní frakce vsázky do historických pecí byla větší oproti současným šachtovým či rotačním pecím. Výpal dřevem neumožňuje rovnoměrné rozložení teplot a efektivní kontrolu celého procesu. Hlavními kontrolními prostředky jsou četnost přikládání, množství paliva a průchod vzduchu. Při použití dřeva se předpokládá produkce měkce páleného vápna. Na druhou stranu

v tradičních pecích byly páleny poměrně velké kameny. Různé teplotní zóny a dlouhé rezidenční časy (výpal obvykle trval cca 5 dní pro vsázku 25-30t) by naopak nasvědčovaly tomu, že se jednalo o velmi různorodou strukturu od tvrdě až po měkce pálené vápno.

2. Experimentální pec

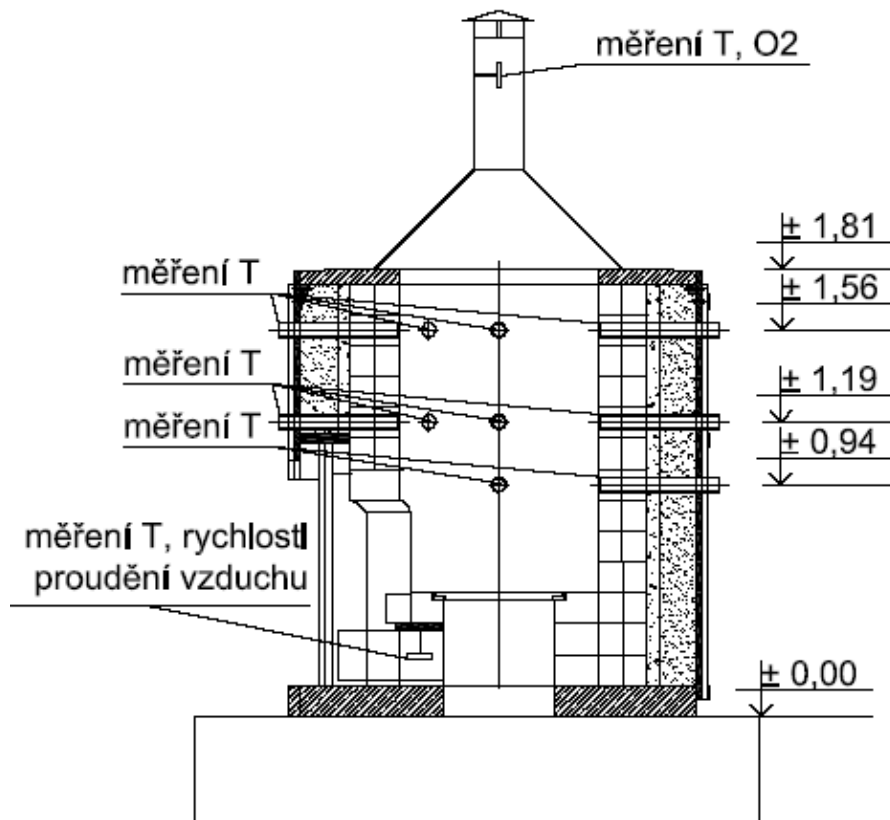
Prototyp vápenné pece tvoří základ Experimentálního centra pro tradiční výrobu vápenných pojiv umístěného v Solvayových lomech u obce Bubovice (49°58'34.466"N, 14°8'58.802"E) a je jedním z výsledků projektu aplikovaného výzkumu podporovaného ministerstvem kultury ČR v rámci programu NAKI, tematické priority 3.3 Materiály a technologie pro záchranu a zachování kulturního dědictví - zhodnocení tradičních materiálů a technologií pro znovu zavedení do praxe.

Hlavním cílem projektu „Tradiční vápenné technologie historických staveb a jejich využití v současnosti“ je výzkum vápenných technologií používaných v minulosti, jenž umožní jejich opětovné využití při opravách architektonických památek. Výzkumný program projektu zahrnuje:

- Identifikaci zaniklých surovinových zdrojů a specifických technologií zpracování vápenného pojiva ve spojení s jejich využitím v historických stavbách.
- Vývoj a realizaci vápenné pece umožňující malovýrobu vápenných pojiv za použití tradičních technologií.
- Vývoj a výrobu funkčních vzorků vápenných pojiv používaných v minulosti a jejich popsání s ohledem na možnosti jejich současného použití.

Prototyp vápenné pece je navržen na základě studia vývoje historických vápenných pecí a použitých technologií. Tento prototyp je navržen tak, aby umožnil výpal dřevem i uhlím.

Konstrukce pece, obr. 1: Pec tvoří malá cylindrická šachta o vnitřním průměru 0,8 m a výšce 1,3 m nad litinovým roštem. Vnitřní vyzdívka je z šamotových cihel zděných na hliněnou maltu. Konstrukce je obalena žáruvzdornou izolací o tl. 50mm. Z vnější strany je pec stažena obručemi a dřevěným pláštěm z prken kladených na svislo. Prostor mezi venkovním dřevěným pláštěm a izolací je vysypán vápencovou drtí frakce 0-4 mm. Primární přívod vzduchu zajišťuje otvor, který nasává vzduch přes popeliště a přes rošt je přiveden do pece. Sekundární přívod vzduchu je umístěný na dvířkách. Pro monitorování spalin a případnou regulaci tahu je na hlavu pece možno nasadit kuželový nástavec s komínem.



Obrázek 1.: Řez konstrukcí experimentální pece.

Palivo: Palivem pro první pokusné výpaly bylo zvoleno dřevo. Osvědčila se kombinace měkkého (borovice, smrk) a tvrdého dřeva (dub). S výběrem paliva je provázán systém celého výpalu včetně způsobu uložení vápence a jeho velikosti. Při tomto způsobu není možné rovnoměrného zahřátí celé vsázky najednou. V peci vznikne jádro a tahové průduchy, kde je dosahováno nejvyšších teplot. Jedinou možností jak lze během výpalu ovlivňovat teplotu, je četnost přikládání a množství přívodu vzduchu (primárním nebo sekundárním přívodem). Důležitou součástí (při tomto systému výpalu) je předvídání těchto teplotních rozdílů, proto se vsázka skládá z různých frakcí, aby procento vypáleného vápna bylo co nejvyšší.

Vsázka: Při použití dřeva jako paliva je vápenec je vyklenut nad ohništěm a poté vyskládán až po okraj pece. Množství vsázky

je navrženo na 1t vápence ve frakci 30-150mm. Ta je rozdělena, jak uvedeno výše, s ohledem na předpokládané rozložení teplot.

Pro porovnání naší produkce s moderním provozem byly vybrány vápence z lomu Čertovy Schody a Vitošov jako zástupci kvalitních a vysokoprocentních vápenců, které máme v ČR k dispozici.

Monitoring: Pro popsání chování pece, je během celého procesu výpalu monitorována teplota ve třech horizontálních profilech a třech osách pomocí termočlánků typu S. Většina teplot je sledována po obvodu, ale ve třech pozicích je možno sledovat i teplotní profil od středu k obvodu. Dále je monitorován obsah kyslíku u ve spalínách v komíně, rychlost proudění vzduchu na primárním přívodu vzduchu a tlak okolního prostředí.

Proces výpalu: Chemicky i technologicky je proces výpalu popsán v literatuře [1,15]. Výpalem vznikne pálené vápno, které je po chemické stránce tvořeno oxidem vápenatým (CaO), vzniklým rozpadem vápence (CaCO₃). Tento proces popisuje následující rovnice:



Hmotnostní bilance této rovnice je následující. Při úplném rozkladu CaCO₃ na CO₂ a CaO vznikne ze 100 kg CaCO₃ 56 kg CaO a 44 kg CO₂. Při ideálních podmínkách začíná proces rozkladu vápence již při 600°C, v reálných podmínkách je potřeba pro výpal dosáhnout teploty 900°C a vyšší [15].

Výpal je rozdělen na několik fází, sušení, předehřev, výpal a chladnutí. Výpal cca 1t vápence při přikládání 16kg dřeva za hodinu trvá přibližně 24 h. Po výpalu pec chladne po dobu jednoho dne. Po té je vypálený vápenec vybírán, vážen a ihned hašen a jako vápenná kaše uskladňován ve vápenných jámách.

Proces hašení: je proces, při kterém přechází oxid vápennatý CaO na hydroxid vápenatý Ca(OH)₂, dle následující rovnice:



V této fázi experimentu je kusové vápno hašeno při nadbytku vody, kdy cca 40kg vypáleného vápence vložíme do dřevěné hasnice a při stálém míchání zalíváme postupně cca 100l vody. Obr. 2. Při hašení se uvolňuje značné množství tepla (276 kcal /kg) a vápno nabývá na objemu cca 2-2,5 x. Takto dostaneme vápennou kaši, kterou přes síta (tradičně 16 ok na 1cm² [16]) prolijeme do vápenných jam pro další zrání.



Obrázek 2.: Hašení vápna v hasnici

3. Zkušební program

3.1 Kvalita a reologické vlastnosti vápenné kaše

Vápenná kaše je tixotropní materiál, který se chová jako ne-newtonovská kapalina. Jednou z nejdůležitějších vlastností vápenné kaše je tedy její plasticita. Tento parametr čerstvé i odleželé vápenné kaše ovlivňuje její zpracovatelnost a využití. Navzdory četným výzkumům jsou znalosti o chování vápenné kaše jako koloidní suspenze neúplné [5-10]. Jedním z důvodů je složitost popsání reologie vápenné suspenze $\text{Ca}(\text{OH})_2$ jako celku.

Zrání vápenné kaše je předmětem mnoha výzkumných prací, kde se shodují názory, že v čase se její mikrostruktura mění [5, 6, 10]. Vápenná kaše uložena pod vodou zlepšuje v průběhu stárnutí svoji reaktivitu, zpracovatelnost i plasticitu [5, 10, 11]. Mění se také morfologie, kde se sloupcovité krystaly rozpadají do jednotlivých destiček

[12]. Dle práce [13] je zlomovým obdobím pro stárnutí vápenné kaše doba 36 měsíců, kdy nastává maximální hodnota měrného povrchu částic a minimální hodnota retence vody.

3.2 Vliv výpalu na kvalitu vápenné kaše

Jedním z cílů našeho projektu je porovnávání vápna z průmyslové produkce s vápnem z naší pece, která umožňuje výpal do jisté míry napodobující dřívější technologie. Např. jakou kvalitu vápenné kaše lze dosáhnout při použití „tradičních“ technologií včetně jejího odležení a zrání. Výzkumné práce ukazují, že na velikost částic vápenné kaše má vliv teplota výpalu a doba, po kterou bylo CaO vystaveno vyšším teplotám. Naším výzkumným cílem je porovnání rozdílů mezi tvrdě a měkce páleným vápnem, tedy např. mezi teplotami výpalu 1200°C a 900°C a to opět ve vztahu k tradičnímu výpalu, kdy v jedné vsázce lze získat, jak tvrdě, tak měkce pálené vápno. U tvrdě páleného vápna vykazuje struktura známky rekrystalizace a zvýšení objemové hmotnosti zbylého CaO po úniku CO₂ [8, 9]. Teplota výpalu ovlivňuje pórovitost vypáleného vápence, jeho reaktivitu a tím i vlastnosti získané vápenné kaše. Měkce pálené vápno má nízkou viskozitu a plasticitu v čerstvé vápenné kaši, zatímco v odleželé je viskozita i plasticita vysoká. Obecně měkce pálené vápno má lepší zpracovatelnost a plasticitu než industriální vápenný hydrát [6, 7].

Nedávný výzkum reologických vlastností vápenné kaše ukázal, že v případě tvrdě páleného vápna jsou nejlepší reologické vlastnosti dosahovány hned po vyhašení, kdy jsou nanočástice menší a mikrorozměry krystalů jsou většinou neucelené. V tomto případě je dosahována vysoká viskozita, v důsledku vysoké plasticity, ihned po vyhašení. Díky počáteční mikrostruktuře tvrdě páleného vápna bylo dokázáno, že vápenná kaše má větší měrný povrch, jemnější částice a tím probíhá proces karbonatace rychleji. Při delším uležení dochází naopak ke shlukování částic a zhoršování reologických vlastností kaše [9]. Otázkou je samozřejmě i kvalita hašení při nadbytku vody v prostředí, kdy je zapojen lidský faktor a ne strojová výroba.

3.3. Zkoušení vápna

Pro možnost porovnávání vlastností vápenných kaší byl zvolen soubor zkoušek (Tabulka1), který reprezentuje obecně zkoušené parametry při zkoušení vápenných pojiv. Zkoušky byly rozděleny na dvě základní

skupiny a to zkoušení vypáleného vápna (CaO) a následně získané vápenné kaše (Ca(OH)₂) s tím, že vápenná kaše bude zkoušena v průběhu jejího stárnutí pod vodou po dobu 3 let.

Jako základní parametry pro srovnání jednotlivých vzorků vypáleného vápna budou použity: reaktivita vápna, distribuce pórů (CaO), vydatnost vápna a změna morfologie posuzovaná na základě snímků z elektronového mikroskopu. Pro vápennou kaši bude hlavním parametrem viskozita, retence vody, velikost částic a plocha povrchu. Vhodným doplněním je i možnost sledování tvaru a velikosti krystalů v elektronovém mikroskopu. Problémem je ale zobrazení částic v suspenzi.

Ostatní zkoušky budou provedeny pro přesnější určení vlastností vápna a případné závislosti těchto vlastností.

Tabulka 1.: Prováděné zkoušky vápenných produktů

Zkouška		CaO	Ca(OH) ₂
Reaktivita	ČSN EN 459-2	X	
Objemová hmotnost		X	X
Pórovitost		X	
Distribuce pórů	MIP	X	
Minerální fáze	XRD	X	
Plocha povrchu	BET	X	X
Obsah CaO, Ca(OH) ₂ a CaCO ₃	TA	X	X
Morfologie - struktura / povrch	SEM SE/BSE	X	X
Retence vody	ČSN EN 413-2		X
Vydatnost vápna	ČSN EN 459-2	X	
Viskozita	Viskozimetr		X
Velikost částic	Laserová difrakce		X

3. Závěrečné poznámky

V projektu tradičních vápenných technologií studujeme proces pálení vápence za účelem produkce vápenného pojiva pro stavební účely.

Porovnáním současné moderní technologie s technologiemi používanými v minulosti se snažíme rozšířit poznatky [14], které poukazují na fakt, že se vápno získané tradičním výpalem liší od průmyslového.

Současné vápenné technologie jsou na vysoké technologické úrovni a proces výpalů vápence se změnil s ohledem na rychlost a výslednou

efektivitu výpalu. Tradiční malosériová výroba zahrnovala širokou škálu „nedostatků“, ale umožňovala též produkci velmi kvalitního vápna. Poskytovala též širší rozmanitost vápenných pojiv s ohledem na jejich složení (např. hydraulicitu) a i následné technologické zpracování. Odborné ověření technologie by mělo odpovědět na otázku, zda je možné díky výpalu dřevem v malé peci vypálit kvalitní vápno použitelné pro opravy památek a poskytnout tak i památkově autentičtější materiál. Zároveň poskytnout podklady pro ekonomickou rozvahu v případě zájmu o repliku vápenných pojiv a technologií používaných v minulosti.

Poděkování

Příspěvek je výsledkem řešení projektu Tradiční vápenné technologie historických staveb a jejich využití v současnosti (DF11P01OVV010) podporovaného Ministerstvem kultury ČR.

Literatura

- [1] OATES, J.A.H.: Lime and Limestone: Chemistry and Technology, Production and Uses, Weinheim : Wiley-VCH, 1998, ISBN 3-527-29527-5.
- [2] ZEMAN, A.; VÁLEK, J.; FROLÍK J.; LANGROVÁ A.; RŮŽIČKOVÁ E.: Petrographical and mineralogical characterisation of mortars in Our Lady Church from Prague Castle. 1st Historical Mortar Conference, 24-26 September 2008, Lisbon, Portugal 2008.
- [3] HOŠEK, J.; LOSOS, L.: (2007) Historické omítky. Průzkumy, sanace a typologie. Grada Publishing, a.s., Praha.
- [4] VÁLEK, J.; ZEMAN, A.: (2009) Lime particles in hot mixed mortars: characterisation and technological links. 12th Euroseminar on Microscopy Applied to Building Materials, 15-18.9.2009, Dortmund, 341-350.
- [5] VÁVROVÁ, P.; KOTLÍK, P.: Materiály pro stavbu 2003, 3, 6.
- [6] ATZENI, C.; ORRU, D.; SANNA, U.: ZKG Int. 2006, 59, 81.
- [7] HASEN, E.; RODRIQUEZ-NAVARRO, C.; VAN BALEN, K.: Stud. Conserv., 2008, 53, 9.
- [8] HOEGEWONING, S.; WOLTER, A.; SCHMIDT, S.O.: Dependence of hard burn potential on limestone properties (Part 1), Materials Science, ZKG international, No.6, volume 61, 2008, s. 54-59.

- [9] HOEGEWONING, S.; WOLTER, A.; SCHMIDT, S.O.: Dependence of hard burn potential on limestone properties (Part 2), *Materials Science, ZKG international*, No.7, volume 61, 2008, s. 84-93.
- [10] RUIZ-AGUDO, E.; RODRIQUEZ-NAVRRO, C.: *Microstructure and Rheology of lime Puty*, 2009.
- [11] ATZENI, C.; FARCI, A.; FLORIS, D.; MELONI, P.: *J. Am. Ceram. Soc.* 2004, 87, 1764.
- [12] RODRIQUEZ-NAVRRO, C.; HANSEN. H.; GINELL, W.S.: *J. Am. Ceram. Soc.* 1998, 81, 3032.
- [13] MASCOLO, G.; MASCOLO. M.C.; VITALE. A.; MARINO, O.: *Microstructure Evolution of Lime Putty upon Aging*, 2010.
- [14] HUGHES, J.J.; ET AL.: Practical application of small-scale burning for traditional lime binder production: skills development for conservation of the built heritage, 13th International Brick and Block Masonry Conference, Amsterdam, July 4-7, 2004.
- [15] ŠKVÁRA, F.: *Technologie anorganických pojiv I. Část 2: Vzdušné maltoviny, ostatní anorganická pojiva, technologické výpočty*. Praha: skripta VSCHT Praha, 1995a. 151 s.
- [16] JANČ, L. A KOL.: *Základy stavitelství, druhý díl, Práce*, Praha 1953.

Kontakt

Ing. JAN VÁLEK, Ph.D., tel: 00420283880458, e-mail: valek@utam.cas.cz, Úsek diagnostiky historických konstrukcí, ÚTAM AV ČR, v. v. i., Prosecká 76, Praha 9,
Ing. TOMÁŠ MATAS, e-mail: matas@utam.cas.cz, Úsek diagnostiky historických konstrukcí, ÚTAM AV ČR, v. v. i., Prosecká 76, Praha 9,
JOSEF JIROUŠEK, e-mail: jirousekj@itam.cas.cz

STAVBA FULL-SCALE MODELU KONSTRUKCE VOZOVKY POZEMNÍ KOMUNIKACE

CONSTRUCTION OF THE FULL-SCALE ROAD STRUCTURE MODEL

Dušan Stehlík, Petr Hýzl

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební,
Ústav pozemních komunikací

Anotace:

Článek si klade za cíl seznámit odbornou veřejnost s programem a cíli části vědeckovýzkumného záměru MSM0021630519 „Progresivní spolehlivé a trvanlivé nosné stavební konstrukce“, který je řešen pod vedením prof. Ing. Jana Kudrny, CSc., na Ústavu pozemních komunikací VUT v Brně. Náplní projektu je vývoj full-scale modelu konstrukce netuhé vozovky.

Annotation:

The objective of the paper is to make the professional public familiar with the programme and goals of a part of the research project MSM0021630519 „Advanced reliable and durable civil engineering structures“ that is solved by the Road Department of VUT under the guidance of Professor Eng. Jan Kudrna, Ph.D. The programme is oriented on the development of a full-scale model of a flexible pavement structure.

Klíčová slova: *reálný model vozovky, pozemní komunikace, sledování modulů pružnosti, dynamické namáhání konstrukce vozovky*

Keywords: *full-scale model of the pavement, roads, monitoring of the modulus of elasticity, dynamic loading of the pavement construction*

1. Úvod

Zkušební zařízení, jinak nazývané zjednodušeně „stand“, je budováno v prostoru silniční laboratoře Ústavu pozemních komunikací VUT v Brně. Je určeno pro zrychlené posuzování únosnosti a doby životnosti nových materiálů a vrstev v konstrukci vozovky nebo i železničním spodku. Předpokládá se zkrácení cyklu výzkumu a vývoje těchto materiálů v laboratorních podmínkách včetně posouzení dlouhodobého chování v konstrukci vozovky s případným prokázáním přínosů zkoušených vrstev. Zkušební stand bude v první fázi využíván především jako zkušební forma pro modelování a zkoušení souvrství netuhých vozovek pozemních komunikací, včetně simulace různého vlhkostního stavu podloží reálně se vyskytujícího pod vozovkou.

Především je určen pro sledování a stanovení vlastností „nových“ materiálů použitelných do podloží a konstrukce vozovky. Jedná se především o recyklované stavební materiály z demolic a ze silničních konstrukcí využitelné do podkladních vrstev nestmelených a stmelených, případně do krytových vrstev pozemních komunikací:

- asfaltové recykláty bez pojiv i s pojivy hydraulickými nebo asfaltovými, včetně kombinace obou pojiv,
- recykláty z vozovek s pojivy a hydraulickými pojivy,
- recykláty betonové a směsné s hydraulickými a alternativními pojivy,
- druhotné suroviny, jako jsou slévárenské písky a odpadní materiály z lomů apod.,
- odpadní pryž.

2. Dosavadní postup prací

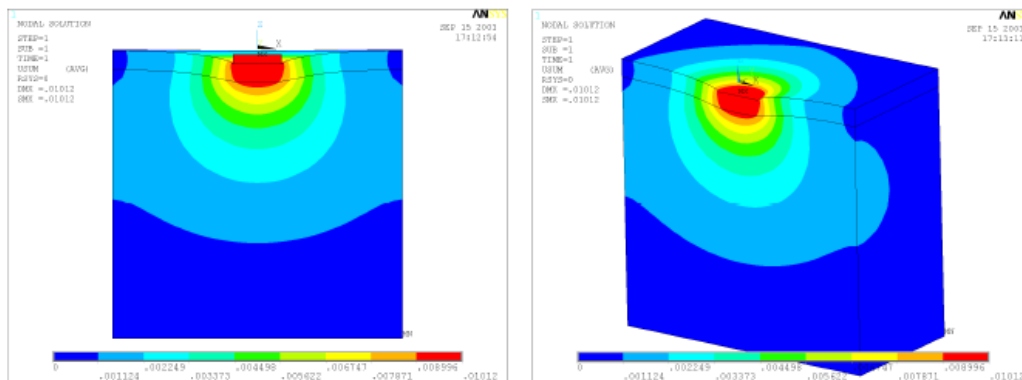
Práce byly zahájeny v roce 2006 a byly rozděleny do několika níže uvedených dílčích etap:

a) Vypracování studie s výpočty a dimenzováním rozměrů zkušebního standu včetně návrhu designu

V této první etapě byl ve spolupráci s Ústavem stavební mechaniky pomocí výpočtového programu ANSYS hledán vhodný tvar zkušebního standu a jeho optimální rozměry.

Po zadání vstupních parametrů, tedy např. předpokládaných parametrů zatížení (max. dopravní zatížení, dynamický účinek dopravního zatížení, předpokládaný počet přejezdů apod.) nebo vlastností stavebních materiálů, které budou při stavbě použity, byl výsledně výše zmíněným

výpočtovým programem navržen stand z ocelových prvků do tvaru krychle o hraně délky 1,5 m s tlumicí vložkou okolo svislých stěn v tloušťce 15 mm.

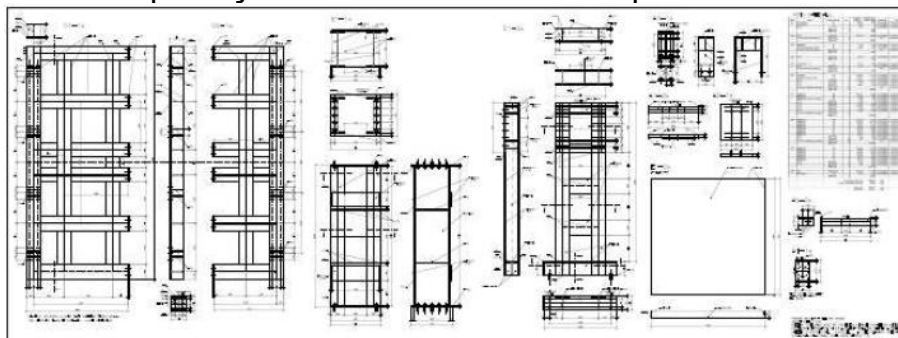


Obrázek 1.: Počítačová simulace full-scale modelu vozovky v prostředí ANSYS

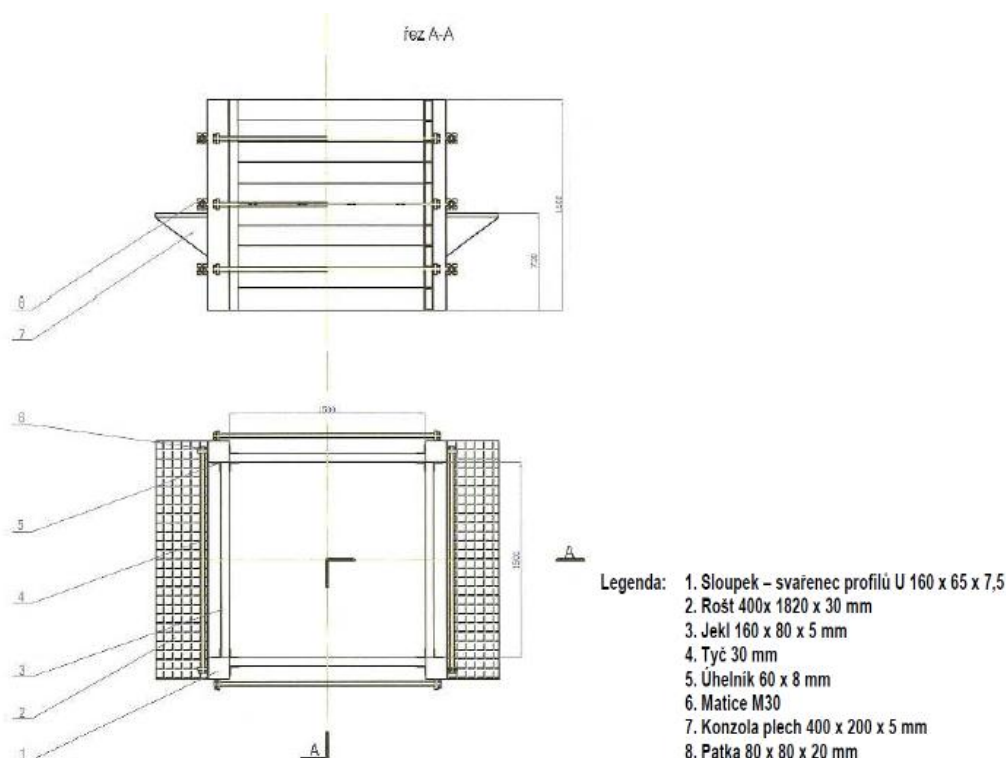
b) Vypracování projektové dokumentace

Projektová dokumentace byla zpracována ve spolupráci s Ústavem kovových a dřevěných konstrukcí a sloužila také jako podklad pro zpracování cenových nabídek v rámci výběrového řízení.

Na základě jednání bylo rozhodnuto, že v konečné fázi bude prototyp full-scale zkušebního zařízení tvořen dvěma nezávislými oddělenými standy (jejichž tvar je popsán výše). Velkým problémem se následně ukázalo uložení zkušebních standů, které měly v první fázi stát na betonové podlaze tl. 130 mm se šterkovým podsypem. Po propočítání požadovaných zatížení, kdy se pro maximální zatížení uvažovalo až 6000 kg, bylo od tohoto základu upuštěno a po poradě a výpočtech odborníků z Ústavu kovových konstrukcí byl jako základ dynamického full-scale zkušebního zařízení navržen tuhý ocelový tlumicí rošt (viz část projektové dokumentace na obrázku 2). Mezi roštem a standem bude vždy umístěna nerezová vana pro zajištění vlhkostního režimu v podloží modelu.



Obrázek 2.: Projektová dokumentace roštu pod zatěžovací pole



Obrázek 3.: Projektová dokumentace jednoho zatěžovacího standu

Finančně nejvýhodnější cenovou nabídku na dodávku zařízení poskytla firma FAMA, s. r. o., z Adamova u Brna, jejíž termín dodání byl zároveň nejkratší. Z těchto důvodů byla nabídka této firmy vybrána jako vítězná.

c) Pořízení zatěžovacího agregátu

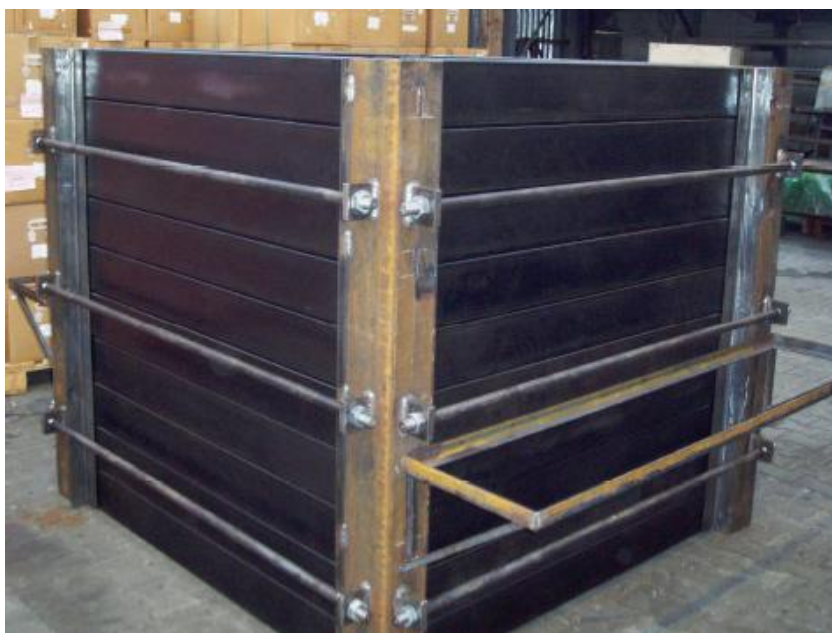
Paralelně s výrobou zkušebního standu byl v roce 2008 realizován nákup hydraulické dynamické zatěžovací jednotky z projektu fondu rozvoje vysokých škol (FRVŠ) 2503 /2008 v následující konfiguraci:

- přímočarý pohon AH 120-100,
- řídicí elektronika EU 2000D-1,
- hydraulické napájení HU 40.

Dodávku hydraulického agregátu zajistila a zprovoznila firma INOVA, s. r. o. Celkové náklady na tuto fázi projektu činily přibližně 1,75 mil. Kč. V rámci instalace bylo nutné realizovat samostatnou přípojku 380 V 63A, 3 fáze.

d) Výroba standu

Na níže uvedeném obrázku 4 je pohled na jeden zkompletovaný zatěžovací stand (bez bočních pochůzných roštů) před provedením povrchové úpravy žárovým zinkováním.



Obrázek 4.: Pohled na jeden ze tří zatěžovacích zkušebních standů (bez povrchové úpravy)

e) Doprava a kompletace

K manipulaci se zkoušenými vzorky a přípravky slouží malý mostový jeřáb nosnosti 3 tuny a další manipulační prostředky.



Obrázek 5.: Přípravné práce před položením nerezové vany na rošt



Obrázky 6 a 7.: Pokládání nerezové vany a stavu po zhutnění první technologické vrstvy

f) Dovoz zeminy do podloží

Jako materiál do podloží budovaného modelu vozovky byla zvolena zemina klasifikovaná podle ČSN 73 6133 jako jíla se střední plasticitou (F6 CI), podle ČSN 73 6133 podmíněčně vhodná zemina do násypu a nevhodná zemina pro podloží vozovky. Lokalita odběru většího množství této zeminy je zemník v Únanově u Znojma. Celkem bylo přivezeno 4 t zeminy. V roce 2010 byly provedeny klasifikační zkoušky. Výsledky těchto zkoušek jsou uvedeny v tabulce 1. Zhutnění jednotlivých technologických vrstev zeminy je prováděno v tloušťkách po 100 mm zhutněné vrstvy vibrační deskou Lumag 2,0 kW, 60 kg. Kontrola zhutnění technologických vrstev hutněných ve standu je prováděna přímou metodou porovnáním objemové hmotnosti stanovené z vyřezávacích kroužků, případně membránových objemoměrem, a maximální objemové hmotnosti stanovené zkouškou zhutnitelnosti Proctor standard podle ČSN EN 13286-2.

Tabulka 1 Klasifikační zkoušky zeminy použité jako podloží ve zkušebním standu

Zrnitost podle ČSN CEN ISO/TS 17892-4		Plasticita podle ČSN EN ISO/TS 17892-12	Zhutnitelnost podle ČSN EN 13286-2 (Proctor standard)	Okamžitý index únosnosti IBI	Kalifornský index únosnosti CBR
f (jemnozrná složka)	82,4 %	wL = 36 %	$\rho_{d,max.} = 1816 \text{ kg/m}^3$	podle ČSN EN 13286-47	
s (písečná složka)	17,2 %	wp = 20%	w _{opt} = 15 %	16 %	10 %
g (šterkovitá složka)	0,4 %	Ip = 16			

Pozn. Přirozená vlhkost zeminy je závislá na klimatických podmínkách, protože zemina byla složená venku a přikrytá ochrannou plachtou.

g) Ověřování funkce a kalibrace snímačů vlhkosti



Obrázek 8 a 9.: Snímače vlhkosti VIRRIB pro sledování vlhkostních rozdílů zhutněného podloží vozovky

Snímače slouží k měření objemové vlhkosti zeminy v libovolných hloubkách. Měření v našem případě bude napojeno na měřicí systém, který bude po určitých časových intervalech sledovat přesně vlhkost v určité hloubce od zemní pláň. Výhodami oproti jiným snímačům vyráběným u nás anebo v zahraničí jsou relativně nízká cena, vysoká přesnost a stálost, praktická nezávislost na druhu a typu podložní zeminy a jejím chemickém složení, okamžitá odezva, měřený objem zeminy cca 15 dm³ u oválné varianty. Základní technické parametry: napájení 5,5–18

2. – 3. října 2012, FAST VUT v Brně

V, rozsah měření 5–50 % obj. vlhkosti, přesnost měření menší než 0,01 $\text{m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$. Snímače tlaku byly zvoleny typu Geokon o průměru 250 mm, případně vhodnějšího průměru 100 mm.



Obrázek 10.: Instalace snímačů na 3. technologické vrstvě podloží (cca 550 mm výšky)

3. Závěr

V době dokončování příspěvku (konec srpna 2012) je dokončena spodní stavba zkušebního standu zhutněny jednotlivé technologické vrstvy podloží do výšky 800 mm. Na podzim 2012 bude hutněna první spodní podkladní vrstvy z přírodního nebo recyklovaného stavebního materiálu jako štěrkodrt'. Předtím budou ověřeny všechny zabudované snímače zkušebním ověřovacím měřením. Plné zatížení celého standu s kompletní konstrukcí vozovky je plánováno na první polovinu příštího roku.

Poděkování

Příspěvek byl zpracován s podporou projektu Ministerstva dopravy ČR CG712-043-910 „Systém hospodaření s druhotnými materiály do vozovek pozemních komunikací v ČR“ a výzkumného záměru MSM0021630519 „Progresivní spolehlivé a trvanlivé nosné stavební konstrukce“.

Literatura

[1] ČSN 73 6133 Navrhování a provádění zemního tělesa pozemních komunikací. 2010.

Kontakt

Ing. DUŠAN STEHLÍK, Ph.D., tel: 00420 541 147 348, e-mail: stehlik.d@fce.vutbr.cz, Ústav pozemních komunikací, FAST VUT v Brně, Veveří 331/95, 602 00 Brno.

Ing. PETR HÝZL, Ph.D., tel: 00420 541 147 418, e-mail: hyzl.p@fce.vutbr.cz, Ústav pozemních komunikací, FAST VUT v Brně, Veveří 331/95, 602 00 Brno.

2. – 3. října 2012, FAST VUT v Brně

OCHRANA MURIVA Z PÓROBETÓNU CHEMICKOU INJEKTÁŽNOU METÓDOU

CHEMICAL GROUTING METHOD FOR PROTECTION OF AUTOCLAVED AERATED CONCRETE BRICKWORK

Alena Struhárová

STU – Faculty of Civil Engineering

Anotace:

Ochrana stavieb proti vode a vlhkosti a odstránenie vlhkosti z muriva je dôležitou súčasťou stavebníctva. Príspevok sa zaoberá problematikou vlhkosti, jej klasifikáciou a spôsobmi jej odstránenia. To práve charakterizuje použitie hydrofobizačného injektážneho roztoku Freezeq DPC pre ochranu pórobetonového muriva proti pôsobeniu kapilárnej vlhkosti.

Annotation:

Removal of moisture from masonry and protection of constructions against water and moisture is an important part of building industry. Contribution concerns with problems of moisture, its classification and moisture level and techniques of moisture removal. It describes use of hydrophobic grouting solution Freezeq DPC for protection of aerated autoclaved concrete brickwork against capillary moisture.

Klíčová slova: *Pórobeton, obsah vlhkosti v drive, hydrofobizácia, pórová štruktúra, chemická injektážna metóda.*

Keywords: *Aerated autoclaved concrete, moisture content of brickwork, hydrophobization, porous structure, chemical grouting method.*

1. Introduction

Older constructions but also completely new ones may have functionless damp resistance, or the service life of damp resistance may be exceeded, or eventually there is no damp-proofing in the object. Therefore the recovery of wet brickwork and structure protection against water is an inseparable and important part of the building industry [1].

2. Moisture of building structures

According to Standard ČSN 73 0610 [2] moisture of brickworks is classified by Table 1. Mentioned classification refers to buildings with rooms and space for a stay of persons made from common building materials with absorptiveness over 10 %.

For common practice the classification according to Table 1 is sufficient, but from viewpoint of applicability of grouting methods it is not enough. The authors of WTA 4-4-96 Direction realised the insufficiency and established the term "moisture level" evaluating a content of moisture in the brickwork in regard to its porosity. It means in practice that besides determining moisture content in mass percents, also the open porosity of material is necessary to determine [3].

Table 1.: Classification of brickwork moisture according to ČSN 73 0610

Moisture level	Mass moisture of brickwork in %
Very low	$W_h < 3$
Low	$3 \leq W_h < 5$
Increased	$5 \leq W_h < 7,5$
High	$7,5 \leq W_h < 10$
Very high	$W_h > 10$

The non-pressure grouting may be used till moisture level of approximately 50%, superior limit of 80 % is given for pressure grouting [5].

3. Techniques of damp construction recovery

Direct methods:

- air methods,
- mechanical methods - undercutting, damp proof driving, Massari method,
- chemical grouting methods,
- electro-osmotic methods.

Matter of chemical grouting methods

Creating the damp-resistant shield (barrier) by chemical substance inserted into prepared boreholes in damp brickwork [5] – it is the matter of grouting methods. Grouting solution reacts in the boreholes, e.g. it hardens, gels, etc., what creates the damp-resistant shield.

4. Experiment

For testing, blocks from three kinds of aerated autoclaved concretes were used (Table 2). Two of them were produced on the base of fly ash Unipol (now non-existing plant in Dolná Streda) with dimensions 400x300x250 mm, and one was made on the base of sand Siporex (Hebel, or Xella in Šaštín -Stráže) with dimensions 600 x 300 x 250 mm.

Table 2.: Composition of tested types of aerated autoclaved concretes

Technology of production	Sample labelling	Component [kg/m ³]									
		Fly ash		Sand sediment	Pro-growth sediment	Cement	Lime	Water	Al additive	Setting regulator	Blown-out additive
		Classic	Fluid								
Unipol	A	240	-	-	-	-	96	160	0,4	0,2	0,2
	B	180	60	-	-	-	96	170	0,4	0,2	0,2
Siporex	C	-	-	230	95	70	38	56	2,3	9,2	-

At given amount of a fly ash (240 kg/m³), tested aerated autoclaved concretes differed from each other by changing ratio and type of ash.
Grouting solution FREEZTEQ DPC System:

- Is highly effective non-compressive system patented in Great Britain and abroad for elimination of brickwork dampness,
- Is suitable for dehumidifying every type of brickwork,
- Uses frozen cylinder tablets (length 210 mm, diameter 20 mm) of sodium methylsiliconate water solution which are placed into bored holes in mortar joints of brick walls,
- Tablets diffuse in brickwork and create damp-resistant barrier, which inhibits further dampness intrusion and capillary action into brickwork [5].

Brickwork from examined aerated autoclaved concretes

There were built 6 walls from A, B, C aerated autoclaved concrete blocks – four were from blocks made on base of fly ash and two were from blocks on base of sand. Freeztec sticks were placed in three of them, and three walls were comparing. The placement of Freeztec sticks was done in accordance with instruction from producer.

Moisture

Values of volume moisture measured on walls built from particular types of aerated autoclaved concrete (6 measuring points in bottom line and 6 measuring points in upper line of walls) were noted in the figures and subsequently transferred into chart.

5. Conclusion

Out of comparing walls (without tablets), the aerated autoclaved concrete C achieved the lowest values of moisture what is caused by lowest amount of capillary pores in it, and by the finest texture resulting from its composition. Aerated autoclaved concrete B had the worst results. It is the direct effect of its structure (most capillary pores, highest whole porosity, crudest texture). Comparing to silica sand and cinder (A), significantly higher absorptiveness of the fluid ash had an impact, too. Moisture level in walls with tablets were copying values measured in comparing walls, but the moisture content was reduced due to the effect of FREEZTEQ-DPC agent. The best effectiveness was achieved in autoclaved aerated concrete C in which silica sand was used as the filler. Moisture content did not increase after inserting the tablets. On the contrary, moisture kept growing after insertion of the tablets in aerated autoclaved concretes A and B, what means that complete stop of capillary action was not provided. This may be a confirmation of lower effectiveness of FREEZTEQ-DPC agent in structures with cruder texture and higher porosity. In conclusion it may be stated that the effectiveness

of FREEZTEQ-DPC agent was proved in compliance with data provided by producer on the properly made walls from aerated autoclaved concrete blocks [6].

References

- [1] WEBER, H.: Vlhkost zdiva a její odstraňování I. a II. In: Materiály pro stavbu, roč. 5, 1999, č. 5, s. 78 - 80.
- [2] ČSN 73 0610 Hydroizolace staveb – Sanace vlhkého zdiva Základní ustanovení.(01.2008).
- [3] Směrnice WTA 4-4-96 Injektáž zdiva proti kapilární vlhkosti, WTA cz, Česká stavební společnost Praha, 2002, 110s.
- [4] Mrlík F.: Vlhkostné problémy stavebních materiálů a konstrukcí. Vydavatelství Alfa, Praha, 1985, s. 269 , ISBN 63-134-85.
- [5] Zwiener, V.: Chemické injektážní metody pro ochranu zděných konstrukcí proti vzlínající vlhkosti. Disertační práce. Praha, 2009, 109 s.
- [6] Materiálové listy firmy NEKAP s.r.o.
- [7] Scheffler M., Colombo P.: Cellular ceramics. Wiley-VCH Weinheim, 2005, s. 645, ISBN-13: 978-3-527-31320-4.
- [8] Xue Li Jin, Xiang Yu Luo, Qing Lin Meng: Effect of Equilibrium Moisture Contents on Insulating Performance of Autoclaved Aerated Concrete Blocks. Advanced Materials Research. Volume 216, March 2011, s. 479-484.
- [9] Halahyja M., Chmúrny I., Sternová Z.: Stavebná tepelná technika. Tepelná ochrana budov. Vydavateľstvo Jaga, Bratislava 1998, s. 223, ISBN 80-88905-044.
- [10] Unčík S., Struhárová A., Hlavinková M., Sabová A.: Measuring the thermo-technical parameters of aerated autoclaved concrete by dynamic method. In: 5th International Conference on Autoclaved Aerated Concrete "Securing a sustainable future" 2011, Bydgoszcz, Poland, s. 391-396, ISBN 978-83-89334-26-4.

Contact

Ing. ALENA STRUHÁROVÁ, Ph.D., tel: 00421 592 74 685, e-mail: alena.struharova@stuba.sk, Katedra materiálového inžinierstva, STU-Stavebná fakulta v Bratislave, Radlinského 11, 813 68 Bratislava.

2. – 3. října 2012, FAST VUT v Brně

ABSORPTION OF WATER AND IRREVERSIBLE EXPANSION OF THE BRICK BODY

NASIAKAVOSŤ A NEVRATNÁ EXPANZIA TEHLIARSKEHO ČREPU

Mikuláš Šveda¹, Radomír Sokolář²

¹ Slovak University of Technology in Bratislava,
Faculty of Civil Engineering,

² Brno University of Technology,
Faculty of Civil Engineering,

Annotation:

The paper presents results which deal with change in the brick body during freezing and thawing. The samples were fired at temperatures of 900, 1000 and 1060 °C. Attention is focused on monitoring the absorption of water and irreversible expansion. While monitoring these properties during freeze/thaw cycles, we found that in all cases, the changes take place continuously.

Anotácia:

V príspevku sú prezentované výsledky, ktoré sa týkajú tehliarskeho črepu v priebehu zmrazovania a rozmrazovania. Skúšobné vzorky boli vypálené pri teplotách 900, 1000 a 1060°C. Pozornosť je sústredená na sledovanie nasiakavosti a nevratnej expanzie. Pri sledovaní týchto vlastností sme zistili, že vo všetkých prípadoch prebiehajú kontinuálne zmeny.

Keywords: *Brick, frost resistance, absorption of water, irreversible expansion*

Kľúčové slová: *Tehla, mrazuvzdornosť, nasiakavosť, nevratná expanzia*

1. Introduction

An important property of clay roofing tiles or facing bricks is the frost resistance, which is considered as the resistance of a fired brick body in a moist condition against an alternating action of water and frost. In this case, we encounter three factors working together.

The first factor is the change in the state of matter from water to ice, it can cause a well-known expansion. The ice formation in porous material at the same time depends from the capillary diameter and extent of negative temperatures. With the decreasing diameter of capillary a negative temperature decreases and this relationship can be expressed by an exponential function [1]. The whole process of water freezing takes place in the form of rubble-ice in the larger capillaries being pressed into the smaller capillaries, the pressure increases and gradually leads to the formation of microcracks [2]. The size of the pressure in the smallest capillaries can achieve a value up to 200 MPa [3].

The second factor: the melting of ice leads to an increase of the expansion due to higher thermal linear expansion coefficient of ice as has the brick body itself. (thermal linear expansion coefficient of ice is $\alpha \approx 50 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ and of brick body only $\alpha \approx 5,5 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ [4]). The pressure from ice and melting ice applied on the pore walls causes an irreversible expansion of the brick body after each freeze/thaw cycle [5 to 8]. Concurrently a cumulative effect occurs until a total collapse is achieved [5,9,10].

The third factor: the moisture expansion of a brick body, which can induce reversible or irreversible volume changes [11 to 14]. The fact that the irreversible changes are of a larger dimension can pose serious problems especially for large scale products. The irreversible moisture expansion occurs mainly in brick raw material with a relatively high content of clay minerals fired at temperatures in the range about 600 to 1050 °C. It is a spontaneous process of the water reaction with the non-crystalline phase of the brick body, where the irreversible volume changes can usually exceed the value of 0.8 mm/m [14].

2. Experimental procedure

We have used the raw material from a plant, which produces roofing tiles. It is characterized by quaternary sediments, which are represented by layers of clay and silty loam soils of eolian origin. Its chemical and

grain size composition is shown in Table 1 and Fig. 1. From the mineralogical point of view it is the montmorillonite/illite, almost without the calcium carbonates.

Table 1.: Chemical composition of clay brick

Composition	%
SiO ₂	71,81
Al ₂ O ₃	13,37
Fe ₂ O ₃	5,28
TiO ₂	1,027
CaO	0,46
MgO	0,91
Na ₂ O	0,45
K ₂ O	1,46
CaCO ₃	0,63
MgCO ₃	0,74
Los on ignition	4,71

The test samples were prepared by cutting unfired roofing tiles lengthwise in three parts, which were brought from brickworks. They were consequently fired in an electric furnace at temperatures of 900, 1000 and 1060 °C.

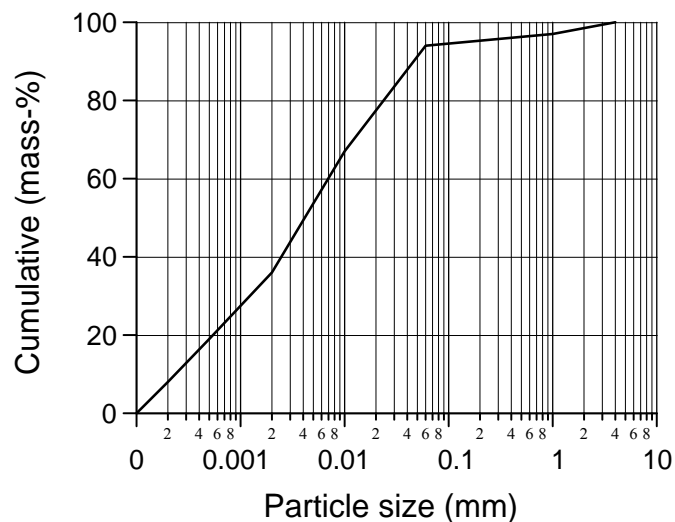


Fig. 1.: Grain size composition of the raw material

3. Testing procedures

Monitoring of changes in the brick body was realized in such a way so as to resemble the actual conditions in nature, i.e. brick products saturate water for a certain period of time and then they are subjected to freeze/thaw cycles. Our aim was therefore to monitor the change processes in the brick body. In the first phase the samples were placed in the water bath for 21 days and the irreversible moisture expansion and water absorption were monitored. In the second phase, i.e. during the freeze/thaw cycles, we have further studied the irreversible expansion, water absorption and the changes in pore structure of brick body (volume and median pore radius).

The irreversible expansion was determined with a deformer, where the starting distance between two dots on a face of the test specimen was 200 mm. The measurement accuracy was 0.01%.

Frost resistance of the saturated water samples was determined through standard freeze/thaw cycles: 20 hours at air temperature of -18 ± 2 °C and 4 hours in water temperature of 18 ± 2 °C, i.e. one freeze cycle was carried out in 24 hours.

The pore structure of the brick body was determined by high-pressure mercury porosimeter (Thermo Finnigan Pascal 240, firm Thermo Scientific). The test samples for this measurement during freeze/thaw cycles were gradually taken from the same batch.

4. Results and discussion

The course of irreversible moisture expansion at all three firing temperatures is shown in Figure 2. In the first ten days of measurement, a rapid increase in the expansion we observe at all three temperatures. The fastest increase was carried out at temperature of 900 °C, where the highest final values were also achieved.

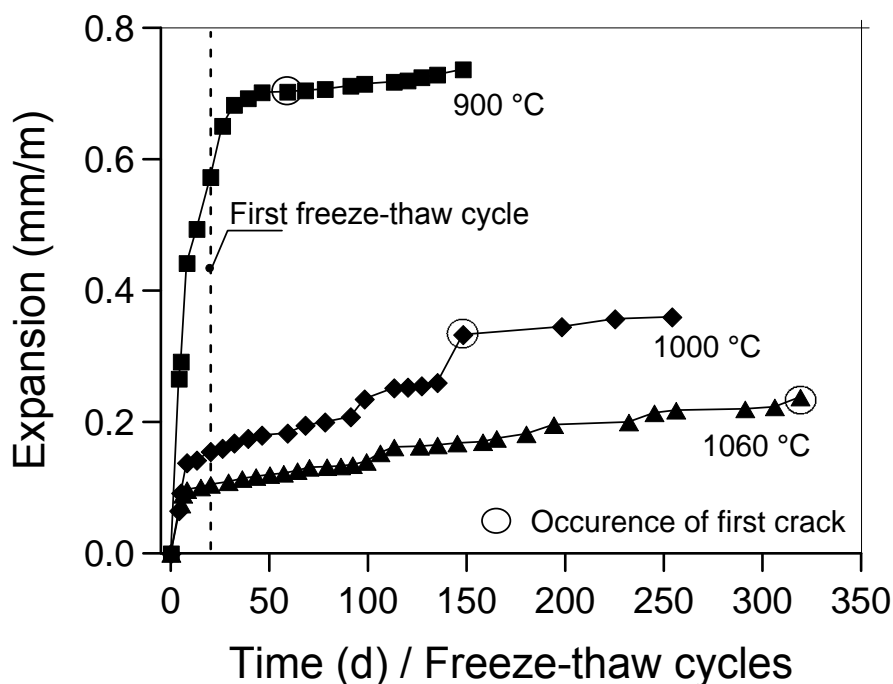


Fig. 2.: Effect of deposition in water and freeze/thaw cycles, on the irreversible expansion (typical course on one sample)

After a rapid increase in expansion follows a slowdown and it goes continually until the breach of the sample. In the firing temperatures of 1000 and 1060 °C is this slowing down observed even during storage in an aqueous medium, but at temperature of 900 °C during the freeze/thaw cycles.

With the increase of the firing temperature occurs a significant shift in the creation of a first visible crack. Because cracks in test samples were created parallel to the direction of measurement of the irreversible expansion, their creation did not affect these values (Fig. 2).

The highest water absorption after 21 days storage in water was achieved at the firing temperature of 900 °C and its steady state occurs in a rather short time, see Figure 3. With the increasing firing temperature, the values of water absorption do decrease, but their steady state shift due to a more difficult access of water into the pore structure of a brick body.

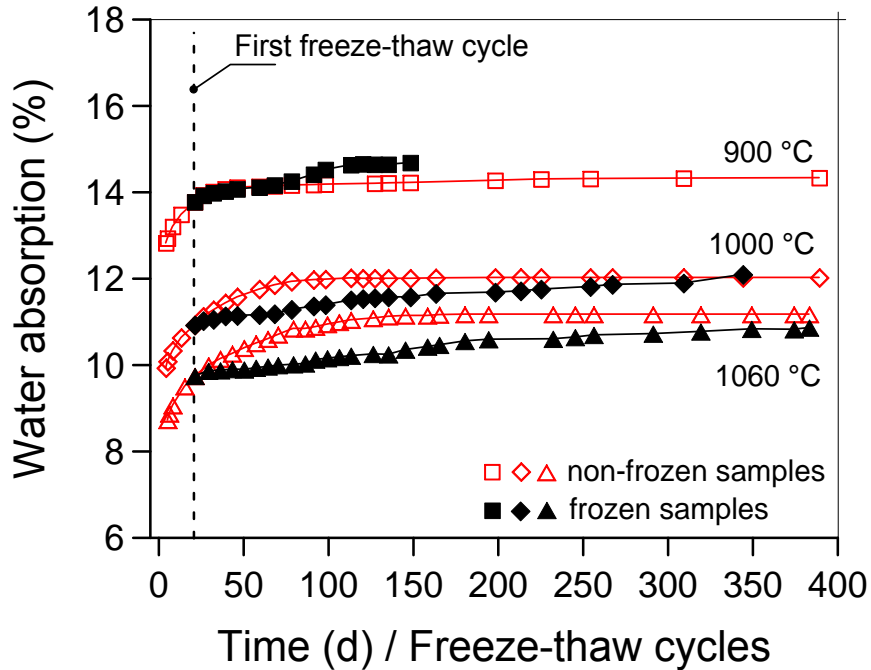


Fig. 3.: Effect of water storage and freeze/thaw cycles on the water absorption

When comparing the water absorption values between samples stored only in water (W) and samples exposed to freeze/thaw cycles (F/T) we can see that at the firing temperature of 900 °C their values are virtually identical up to 75 days of storage in water. Then, water absorption values for the samples F/T start to exceed the water absorption values of the samples W until their breach. The water absorption values of samples subjected to freeze/thaw cycles (F/T) are lower on a long-term basis with increasing firing temperature as compared with samples (W) and only very slowly approach these values (e.g. at the temperature of 1000 °C it is after nearly 350 days of storage in water).

Water absorption of a brick body during the freeze/thaw cycles is influenced not only by the gradual change in pore structure, but also by the change of the irreversible expansion. In case of the irreversible expansion, it is a continuous trend, where the increase of expansion couples with the increase of absorption, see Fig. 4.

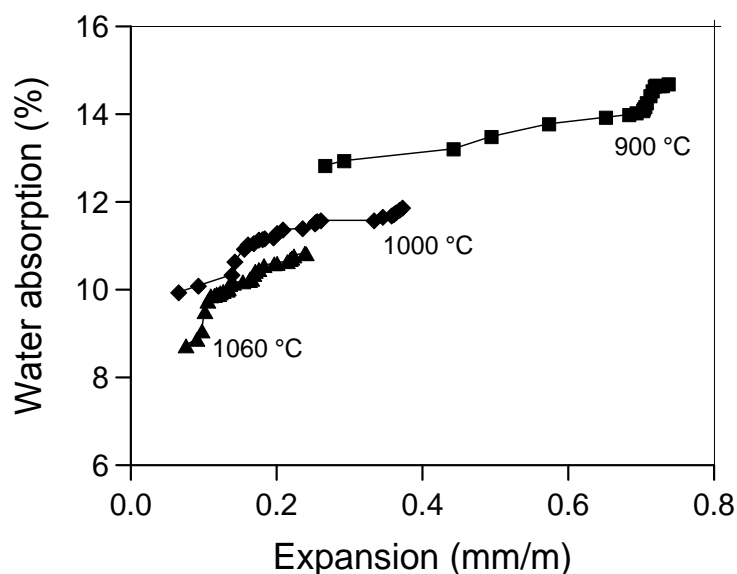


Fig. 4.: Relationship between the water absorption and irreversible expansion

3. Conclusion

In the process of freezing and thawing of a brick body we observe a continuous change in the porous system (pore volume and median pore radius), water absorption and irreversible expansion. These changes take place the fastest in the brick body fired at temperature of 900 °C and with increasing firing temperature gradually decrease.

Acknowledgement

This research project (No. 1/0538/08) was resolved, with the consent of Scientific Grant Agency of the Ministry of the SR and the SAS.

Literature

- [1] SETZER, M. J.: Action of frost and deicing chemicals. Basic phenomena and testing. In: Marchand, J., Pigeon, M., Zetzer, M. (Eds.) Freeze-thaw durability of concrete, E&FN Spon, London (1997), pp. 3-21.
- [2] SETZER, M. J.: Micro-ice-lens formation in porous solid. *J. Colloid Interface Sci.*, 2001, **243**, 193-201.

- [3] CHAPLIN, M.: *Water structure and Science*. Water anomalies, 2008
In: <http://www.lsbu.ac.uk/water/anmlies.html>
- [4] RAŽNJEVIĆ, K.: *Thermodynamic tables*. Publishing House ALFA, 1984, Bratislava
- [5] SEAVERTON, E. J. and BROSMAN, D. A.: Expansion phenomena during freezing of saturated bricks and implications on frost resistance. *ZI.*, 2001, **54**, 13-19.
- [6] SADUNAS, A. and BURE, D.: Water migration processes in heavy clay ceramics under cyclic freezing-thawing. *Industrial Ceramics*, 2000, **20**, 153-159.
- [7] FRANKE, L. and BENTRUP, H.: Evaluation of the frost resistance of bricks in regard to long service life. *ZI*, Part 1. 1993, 46, 483–492.
- [8] FRANKE, L. and BENTRUP, H.: Evaluation of the frost resistance of bricks in regard to long service life. *ZI*, Part 2. 1993, 46, 528-536.
- [9] MAČIULAITIS, R. and KIČAITĖ, A.: Peculiarities of destruction mechanism in ceramic products under simulated exploitation conditions. *Materials science (Medžiagotyra)*, 2006, **12**, 341-345.
- [10] WARDEH, G. and PERRIN, B.: Analysis of Strains in baked clay based materials during freezing and thawing cycles. *J. Build. Phys.*, 2006, **29**, 202-217.
- [11] RONINSON, G. C.: Reversibility of moisture expansion. *Amer. Ceram. Soc.*, 1985, **64**, 712-715.
- [12] HAUCK, D., HILKER, E. and HESLE, E.: Moisture expansion behavior of bricks. *ZI-Annual, Annual for the Brick and Tile Structural Ceramics*, 1989, 47-57.
- [13] HANYKÝŘ, V., MARYŠKA, M., BOUŠKA, P. and PUME, D.: Formation of fired ceramic body and its ageing. Part 1. *Silika*, 2003, **13**, 130-135, Part 2, No. 7/8, pp. 187-191; Part 2. *Silika*, 2003, **13**, 187-191.
- [14] HANYKÝŘ, V., KLOUŽKOVÁ, A., BOUŠKA, P. and VOKÁČ, M.: *Moisture expansion of porous structural ceramics*. 12th International Scientific Conference, April 20-22, 2009, Brno, Czech Republic.

Kontakt

Prof. Ing. MIKULÁŠ ŠVEDA, Ph.D., tel: 00421 907 476 474, e-mail: mikulas.sveda@stuba.sk, Katedra materiálového inžinierstva, SvF STU v Bratislave, Radlinského 11, 813 68 Bratislava.

Doc. Ing. RADOMÍR ŠOKOLÁŘ, Ph.D., tel: 00420 541 147 501, e-mail: sokolar.r@fce.vutbr.cz, Ústav technologie stavebních hmot a dílců, FAST VUT v Brně, Veverí 95, 602 00 Brno.

TEPLOTNÍ DILATACE OBKLADOVÝCH DESEK

THERMAL EXPANSION FACING BOARDS

Toman Jan, Korecký Tomáš

Katedra Materiálového inženýrství a chemie
Stavební fak. ČVUT v Praze

Anotace :

Součinitel délkové teplotní roztažnosti je další tepelně technický parametr, který je důležitý pro aplikace konkrétních výrobků na stavbě. Při měření byl použit dilatometr, do kterého se vždy vložil trámeček o rozměrech cca 2x12x tloušťka desky, postupně se zvyšovala teplota až do 1000 °C a měřila se změna délky a vypočítal se součinitel α .

Annotation :

The linear thermal expansion is thermal technical parameters that are important for the specific application of products site. The dilatometer was used on each given specimens of sizes 2x12x thick, gradually increasing the temperature to 1000 ° C and change in length was measured. From this was calculated coefficient α .

Klíčová slova: *Teplotní dilatace, deskové materiály, vysoké teploty, součinitel délkové teplotní roztažnosti*

Keywords: *Thermal expansion, board materials, high temperatures, the coefficient of linear thermal expansion*

1. Úvod

Při studiu tepelně technických vlastností kompozitních materiálů [1] jsme s ohledem na jejich strukturální teplotní stabilitu proměřovali řadu parametrů po vypálení vzorků na určitou teplotu.

Součinitel délkové teplotní roztažnosti je další tepelně technický parametr, který je důležitý pro aplikace konkrétních výrobků na stavbě. Proto bylo rozhodnuto doplnit tento údaj u již dříve proměřovaných deskových materiálů.

2. Teorie

Součinitel teplotní délkové roztažnosti se vypočte z definičního vztahu:

$$L_t = L_0 \cdot (1 + \alpha \cdot t)$$

Kde L_t je délka vzorku při teplotě t ,
 L_0 délka vzorku při teplotě 0,
 α součinitel délkové teplotní roztažnosti,
 t teplota.

při čemž se často využívá měření relativního prodloužení:

$$\varepsilon = (L_t - L_0) / L_0 = \alpha \cdot t$$

Protože ale relativní prodloužení se mění s teplotou, musí i součinitel délkové teplotní roztažnosti být závislý na teplotě. Uvažuje se proto často průměrná hodnota součinitele délkové teplotní roztažnosti pro teplotní interval 0 až t

$$\alpha_{0t} = \varepsilon / t$$

a pro teplotu t musíme využít diferenciálního vyjádření:

$$\alpha_t = d\varepsilon / dt$$

Snadno lze dokázat, že při zanedbání hodnot nízkých řádů můžeme psát

$$\beta_t = 3 \alpha_t$$

Kde β_t je součinitel objemové teplotní roztažnosti.

Konkrétně teplotní závislost součinitele teplotní roztažnosti na teplotě zjistíme tak, že proměříme relativní prodloužení pro určité teploty (nejvhodněji po 100 °C až do 1 000°C) a tyto naměřené hodnoty vyneseme do grafu v závislosti na teplotě. Tuto funkci analyticky vyjádříme a její derivací potom můžeme určit pro každou teplotu hodnotu α_t .

3. Proměřované materiály

Jedná se konkrétně o materiálové vzorky, které byly dodány Výzkumným ústavem stavebních hmot v Brně:

PROMATECT – bílý kompozitní materiál, deska tloušťky 3 cm.

FIREBOARD – šedý kompozitní materiál, deska tloušťky 2,5 cm.

SÁDROKARTON – růžový mat. na bázi sádry, deska tloušťky 1,2 cm.

FERMACELL – bílý materiál na bázi sádry, deska tloušťky 1,2 cm.

Jelikož se jedná o komerčně vyráběné materiály, jejich přesné složení a receptura je vlastnictvím firmy.

Dále kompozitní materiály, které vyrobil Výzkumný ústav stavebních hmot v Brně:

SX6 B a SX6 K jejichž složení je následující:

sádra fa. Gypstrend – Kobeřice

vodní součinitel 0,328

přísady: Retardant GK

Peramin 30

Vylehčení směsi: 5%hm. Experlit EP 150

Vystužení vláknou: SX6 B – 3 % obj. Baseltex 6 (čedič)

SX6 K – 3 % obj. Kuralon (PVA).

Z těchto materiálů byly nařezány vzorky – trámečky o rozměru cca 2 x 15 cm x tloušťka desky.

4. Metodika měření

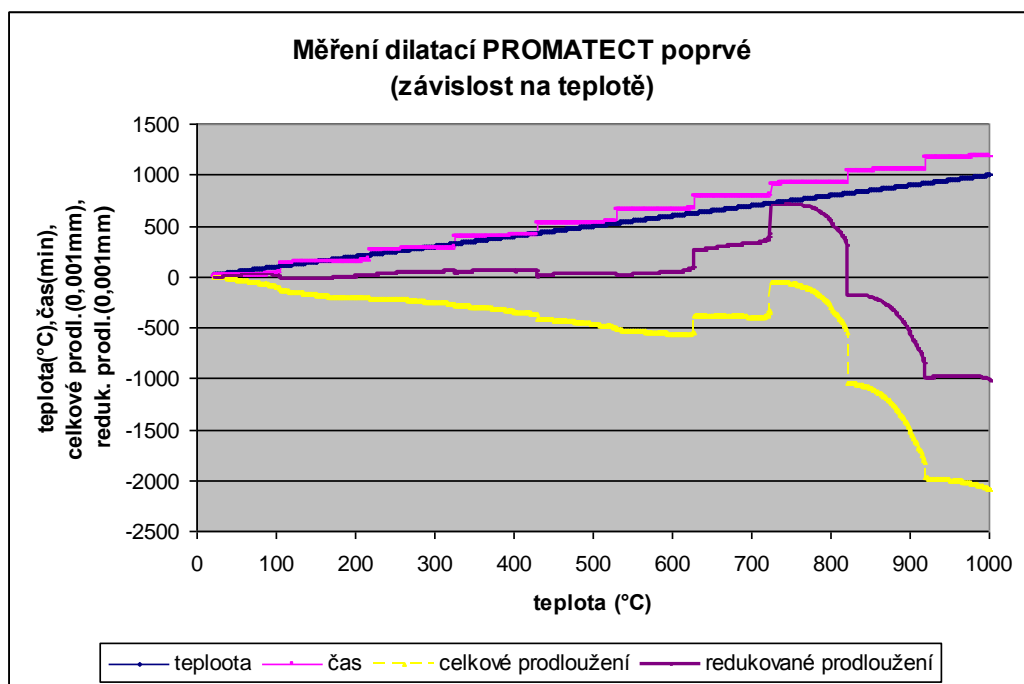
Měření se provádělo na speciálním dilatometru [2]. Do něho se vloží proměřovaný vzorek, postupně se zvyšuje teplota až do 1000°C a sledují se délkové změny trámečku. Z těchto údajů se potom snadno vypočítá součinitel teplotní roztažnosti.

Protože struktura materiálů nemusí být teplotně stabilní, měření se po vychladnutí vzorku opakovalo. Vypálený vzorek již po opakovaném nárůstu teploty neprojevoval změny, které by vyplývaly z jeho strukturální nestability.

5. Výsledky měření

Naměřené výsledky byly zpracovány graficky.

Protože celková délka, která je snímána se skládá jednak z délky vlastního proměřovaného vzorku a jednak z délky kontaktní tyčinky, je nutno odečíst od celkové délkové změny změnu kontaktní tyčinky. To umožní provedením kalibrace přístroje.

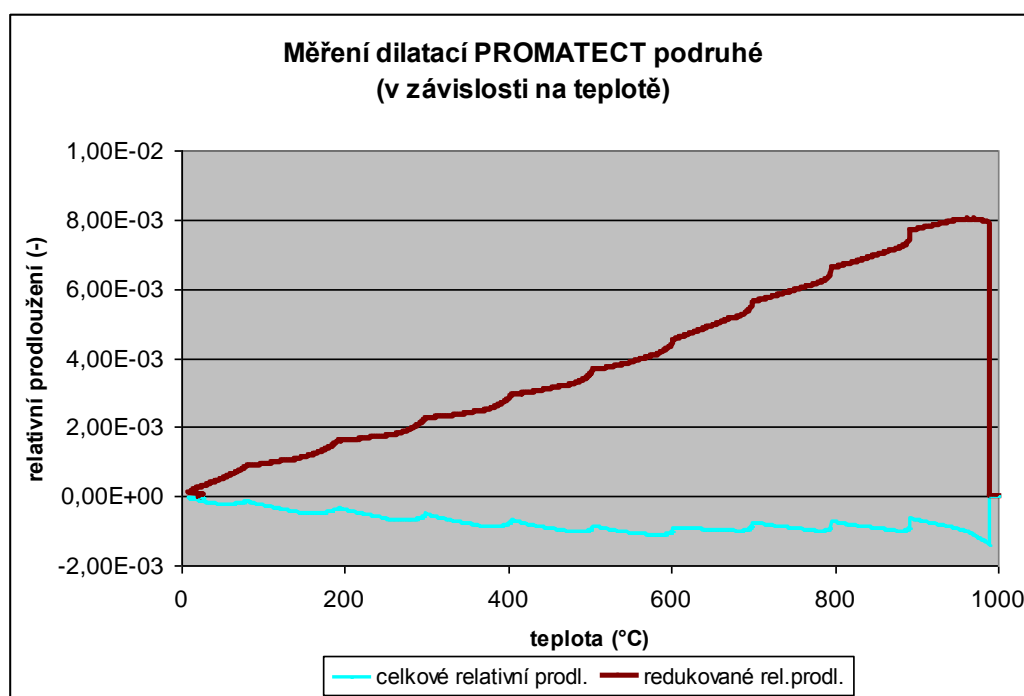


Obrázek 1.

Zajímavé je, že dochází u většiny měření k celkovému zkrácení. To je pravděpodobně způsobeno vysušením vzorků. U těch materiálů, které jsou teplotně strukturálně nestabilní, je to často způsobeno také změnou struktury.

Na obr. 1 je jako ukázka uveden graf závislosti relativního prodloužení na teplotě pro materiál PROMATECT při prvním měření (nevypálený

vzorek) a na obr. 2 při opakovaném měření (vzorek vypálený). Stejným způsobem byly zpracovány grafy pro všechny proměřované materiály. Z těchto grafů se pak snadno určí součinitel délkové teplotní roztažnosti α_t jako derivace (tečna) pro každou teplotu t a α_{0t} (sečna), jako průměrná hodnota součinitele délkové teplotní roztažnosti pro interval teplot 0 až t °C.



Obrázek 2.

V následující tabulce uvádíme vypočtené součinitele délkové teplotní roztažnosti $\alpha = \alpha_{0t}$ pro jednotlivé proměřované materiály v závislosti na teplotě.

2. – 3. října 2012, FAST VUT v Brně

MATERIÁL

100°C 200°C 300°C 400°C 500°C 600°C 700°C 800°C 900°C 1000°C

Poprvé α [$\cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$]

Promatect

6,42 10,56 2,40 2,15 1,42 2,52 6,29 5,51 -4,62 -5,40

Fireboard

0 -5,1 -15,0 -25,3 -24,8 -19,8 -20,1 -35,0

Fermacell

0 -5,0 -60,0 -55,0 -58,0 -65,0 -65,0 -65,0

Sádrokarton

0 -10,0 -15,0 -40,0 -35,0 -40,0 -50,0 -40,0 -35,0

SX6-B

2,0 8,0 4,0 -8,0 -12,0 -10,0 -10,0 -20,0 -16,0 -20,0

100°C 200°C 300°C 400°C 500°C 600°C 700°C 800°C 900°C 1000°C

Podruhé α [$\cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$]

Promatect

7,6 6,2 6,4 6,4 7,7 7,3 7,6 7,9 8,0

Fermacell

10,0 15,0 15,0 15,0 12,0 12,0 12,0 10,0

SX6-B

12,5 12,1 12,1 12,3 12,6 15,8 14,0 15,4 16,2 14,5

6. Diskuse měření

Během prováděných měření se ukázalo, že je lepší než zahřívat vzorky postupně po krocích po 100 °C, zahřívat pomalou rychlostí plynule. Zpoždění v nárůstu teploty je totiž zanedbatelné, ale grafy jsou spojitější a výpočet derivací je tudíž přesnější.

Výsledky měření ukázaly, že je třeba proměřit vzorky nejméně 2x, protože při prvním měření dochází k vysušení vzorků a tím ke zkracování. Další zkrácení vyvolá také materiálová strukturální nestabilita.

7. Závěr

Měření potvrdilo ten předpoklad, že materiály na bázi sádky jsou při vyšších teplotách strukturálně nestabilní a při teplotách nad 800 °C dochází dokonce k destrukci materiálů. Nejlepší se ukazuje materiál Promatect.

Poděkování

Článek vžilo za podpory grantu MPO 4. FR-TI 1/216 a výzkumného záměru MŠMT č. MSM6840770031.

Literatura

- [1] Toman J., Michalko O., Korecký T.,...:VÝBER NAJVHODNEJŠIEHO MATERIÁLU NA POŽIARNE OBKLADOVÉ DOSKY . In: Stavebné materiály 03/2012 str. 50-53, JAGA Group s.r.o. Bratislava
- [2] Toman J., Krička A., Trník A.: Zařízení pro měření délkových změn materiálu při vysokých teplotách. Užité vzor č. 21752, ÚPV Praha, 2011.

2. – 3. října 2012, FAST VUT v Brně

MOŽNOSTI VYUŽITÍ LEHČENÉHO KAMENIVA PŘI VÝROBĚ CEMENTOTŘÍSKOVÉ DESKY

LIAPOR FILLINGS OF EXPANDED CLAY CAN BE USED FOR THE PRODUCTION (AS ONE OF THE SOURCE MATERIALS) OF THE CEMENT-BONDED PARTICLEBOARD AS WELL

Miroslav Vacula, Martin Klvač, Robert Mildner

CIDEM Hranice, a.s. divize CETRIS

Anotace:

Jedním z deskových materiálů pro použití do vnitřního i venkovního prostředí je cementotřísková deska. Omezení pro některé případy použití je dáno poměrně vysokou vlhkostní roztažností cementotřískových desek. Snížení vlhkostní roztažnosti lze dosáhnout částečnou náhradou výchozích surovin.

Annotation:

The cement-bonded particle board is one of the building materials which can be used in interior and in exterior applications. However, there are some restrictions about its use because of its humidity based expansion. Nevertheless, a reduction of the humidity based expansion of the cement-bonded particleboards can be achieved by replacing some of the source components.

Klíčová slova: cementotřísková deska, kamenivo, dřevěné třísky

Keywords: cement-bonded particle board, aggregate, wooden particles

1. Úvod

Základními složkami cementotřískové desky jsou pojivo – cement a plnivo – dřevní hmota. Zásadní vliv na vlhkostní roztažnost má v tomto případě dřevěné plnivo. Plnivo může být částečně nahrazeno surovinami, které mají vysokou odolnost vůči změnám vlhkosti a minimální smrštění.

2. Druhý nadpis

2.1. Výběr a charakteristika alternativního plniva

Na základě provedené rešerše mezi materiály vhodnými jako alternativní plnivo bylo vybráno pro laboratorní testování lehčené kamenivo. Protože v ČR působí přímo i výrobce tohoto kameniva, zvoleno bylo lehké kamenivo z expandovaných jíílů a břidlic s obchodním označením Liapor. Průmyslový proces výroby lehkých kameniv z expandovaných jíílů a břidlic je různý podle vlastností vstupního materiálu. Záleží na obsahu vody a historii těchto přírodních materiálu. Výrobce firma Lias Vintířov používá plastický postup výroby, výrobu široké frakce a následné přesné třídění na úzké frakce. Liapor je ve Vintířově vyráběn z třetihorních cypřišových jíílů, které tvoří nadloží hnědouhelných slojí Sokolovské pánve. Vypalování a expandování probíhá v rotačních pecích při teplotě 1100 až 1200 °C Při výrobě nejsou používány žádné umělé porotvorné přísady, podmínkou expandace je pouze vhodné přírodní složení jíilu a jeho dobré zpracování.



Obrázek 1.: Lehčené kamenivo

Díky vynikajícím vlastnostem jílu ve využívaném ložisku a díky úrovni jejich zpracování patří tento typ lehčeného kameniva se svou sypanou hmotností 300-500 kg/m³ mezi nejlehčí materiály tohoto druhu na světě.

2.1. Zkoušení

Pro laboratorní testy vzhledem k tloušťkám vyráběných desek byla zvolena frakce umělého kameniva 0-2 mm. Postup těchto testů byl zvolen tak, aby co nejvěrněji simulovat provoz výrobní linky pro standartně produkované cementotřískové desky.

Při tomto výrobním procesu je do míchacího zařízení přes váhy dopravena připravená dřevní hmota, kvalitní portlandský cement, podle receptury mineralizační látky a voda, jejíž množství se přizpůsobuje podle naměřené vlhkosti dřeva. Ve vrstvicím zařízení se rozprostře namíchaný materiál na rovné, předem ošetřené ocelové plechy, které v přímém sledu obíhají dokola. Zařízení pracuje se čtyřmi oddělenými vrstvicími stroji umístěnými za sebou. První a čtvrtá komora vytváří pomocí větrného třídění krycí vrstvy desek, druhá a třetí komora jsou mechanické a rovnoměrným nanášením vytvářejí středovou provázanou vrstvu. Plechy s rovinou jsou stohovány na sebe a lisovány vysokým tlakem na jmenovitou tloušťku

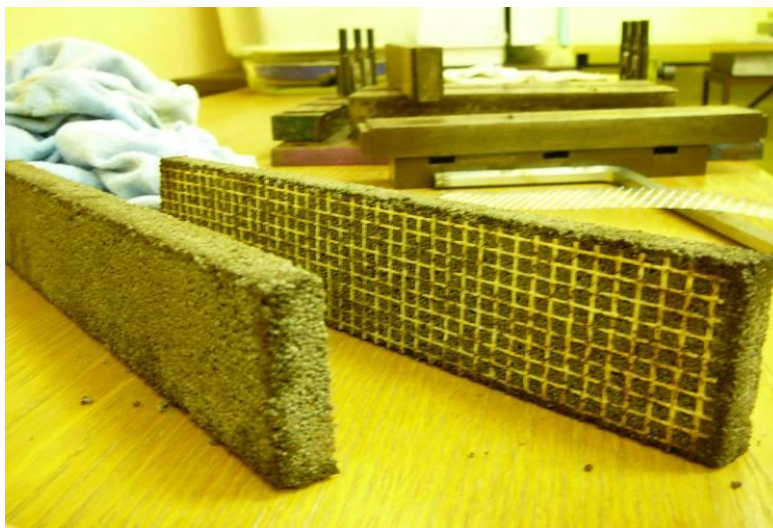


Obrázek 2.: Výroba cementotřískových desek

(cca 1/3 sypné tloušťky). Po urychleném hydratačním procesu vytvrzováním se desky odstohují a převezou se do klimatizačního skladu, kde min. sedm dní dozrávají. Potom se desky cementotřískové desky suší na vlhkost 9 % (± 4 váhová %) a formátují na základní rozměr.

Navrženy byly 3 různé receptury ve kterých byla vždy dřevní hmota nahrazena lehčeným kamenivem a elektrárenským popílkem (plnivo s jemnou frakcí). Popílek ve směsi plní i funkci pojiva. Výrobce lehčeného kameniva nabídl recepturu z jejich zkoušek výroby deskových materiálů. Problematickým faktorem v této receptuře je ale vodní součinitel (0,6), který odpovídá vodním součinitelům z výroben betonových směsí. Směs pro výrobu standartně produkované cementotřískové desky je výrazně sušší – pohybuje se v rozmezí 0,4, - 0,4. Testované receptury se tedy navzájem lišily v hodnotě vodního součinitele, poměr mezi dalšími složkami (portlandský cement 42,5 R, elektrárenský popílek, lehčené kamenivo Liapor frakce 0-2 mm) byl konstantní.

Dávkování a míchání jednotlivých složek probíhalo v laboratorních podmínkách. Namíchaná směs byla volně sypána do malé formy, navrstvena na výšku 15 mm a stlačena na cca 10-12 mm. Aby výsledná deska měla dostatečnou pevnost v tahu za ohybu byly do krajních vrstev (lícová i rubová) vloženy pásy z armovací tkaniny (perlinky). V sériově produkované cementotřískové desky pevnost v tahu za ohybu zajišťují dřevěné třísky. V lisu byl vzorek ponechán po dobu 10 hodin při teplotě 50°C. Poté proběhlo odformování vzorku a volné skladování v klimatizačním boxu (teplota 20°C).



Obrázek 3.: Vzorek receptura č.1

V případě variant s vodním součinitelem 0,4 a 0,5 nebyla dokonale zapracována výztužná tkanina do obou povrchů. U směsi s nejvyšším vodním součinitelem (0,6) bylo zabudování armovací tkaniny velmi dobré. Po 7 dnech byly provedeny první fyzikálně testy, s těmito průměrnými výsledky.

Tabulka 1.: Přehled fyzikálně mechanických parametrů

Receptura (vodní součinitel)	Pevnost v tahu za ohybu (MPa)	Modul pružnosti (MPa)	Objemová hmotnost (kg/m ³)
1 (0,4)	2,07	765	1428
2 (0,5)	2,57	938	1478
3 (0,6)	4,25	1049	1550

Dosažené výsledky byly porovnány s parametry laboratorně vyrobené cementotřískové desky (ze standardní směsi). Nejlepší vzorek s plnivem z lehčeného kameniva (receptura 3) má poloviční pevnost v ohybu jako cementotřísková deska, přibližně třetinový modul pružnosti.

Z dosažených výsledků je zřejmé, že zvyšující vodní součinitel zlepšuje fyzikálně mechanické parametry a spojení hmoty s armovací tkaninou. Toto ale naráží na možnosti výrobní linky, která umí zpracovat směsi s nízkým vodním součinitelem. Na stávajícím technologickém zařízení nelze cementovou desku s plnivem z lehčeného kameniva vyrobit.

3. Závěr

Vývoj inovované směsi pro výrobu cementové desky má ale pokračování. Případný produkt bez dřevěné hmoty by měl jednoznačné výhody. Především nehořlavost – vzhledem k složení desky (bez organických látek) by tento produkt byl zařazen do nejvyšší třídy reakce na oheň – A1. Rovněž lze předpokládat vysokou požární odolnost u konstrukcí opláštěných tímto deskovým materiálem. Pozitivem rozhodně je i tvarová stálost – minimální smrštění a roztažnost vlivem změny vlhkosti. Taková deska by byla vhodným a stabilním podkladem pod omítky, obklady do venkovního prostředí.

Poděkování

Tento výsledek byl realizován za finanční podpory z prostředků státního rozpočtu prostřednictvím Ministerstva průmyslu a obchodu v rámci projektu FR-TI3/595 „Inovace složení směsi pro výrobu cementotřískové desky“.

Literatura

- [1] Firemní podklady CIDEM Hranice, a.s.
- [2] Firemní podklady Lias Vintířov, LSM, k.s.

Kontakt

Ing. MIROSLAV VACULA, tel: 00420 581 676 393, e-mail: vacula@cetris.cz, CIDEM Hranice, a.s. divize CETRIS, Nová 223, 753 01 Hranice.

Ing. MARTIN KLVAČ, tel: 00420 581 676 297, e-mail: klvac@cetris.cz, CIDEM Hranice, a.s. divize CETRIS, Nová 223, 753 01 Hranice.

ROBERT MILDNER, tel: 00420 581 676 304, e-mail: mildner@cetris.cz, CIDEM Hranice, a.s. divize CETRIS, Nová 223, 753 01 Hranice.

**BLOK IV.
NORMALIZACE A CERTIFIKACE
VE STAVEBNICTVÍ, ŘÍZENÍ
JAKOSTI A KVALITY**

2. – 3. října 2012, FAST VUT v Brně

POSKYTOVÁNÍ INFORMACÍ O NORMÁCH A PŘEDPÍSECH PRO STAVEBNÍ VÝROBKY

PROVISION OF INFORMATION ABOUT STANDARDS AND REGULATIONS FOR CONSTRUCTION PRODUCTS

Marie Bačáková

Institut pro testování a certifikaci, a.s. Zlín

Anotace:

Informace a dostupnost technických norem hraje velmi důležitou roli při uvádění stavebních výrobků na trh EU. Za tím účelem může být velmi efektivní používat internetové stránky Úřadu pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví (www.unmz.cz). Podklady pro tyto stránky se připravují v Institutu pro testování a certifikaci. Odkazy na normy ČSN na tomto webu jsou propojeny s internetovou službou ÚNMZ „ČSN on-line“ a umožňují přímo uživateli této služby přístup k jejich plným zněním.

Annotation:

Information and access to technical standards plays very important role, when construction products are placed on the EU market. For the purpose of it can be very effective to use web of Czech office for standards, metrology and testing (www.unmz.cz). Basic data for web are prepared by Institute for testing and certification. ČSN standard references placed in this web are connected with ÚNMZ web service „CSN on-line“ and makes possible users of this service directly access to full texts.

Klíčová slova: stavební výrobky, právní předpisy, normy, nařízení, směrnice, uvádění na trh EU, technické požadavky

Keywords: construction products, legislation, standards, regulations, directives, place on the EU market, technical requirements

1. Nové trendy v poskytování informací o normách a předpisech

Technické normy hrají velmi důležitou roli při fungování trhu. Jsou výsledkem konsenzu mezi výrobními podniky, orgány veřejné správy a dalšími zúčastněnými stranami. Normy se mohou týkat nejen výrobků, ale i služeb. Stále důležitější roli zde nabývají evropské a mezinárodní normy, které mohou pomoci evropské politice vytvořit konkurenční výhodu pro své podniky a usnadnit jim umístění jejich výrobků na trh. V rámci průzkumu však bylo zjištěno, že pouze 5% malých a středních podniků má dostatečné povědomí o normách.

Proto v současné době probíhají v rámci Evropské unie rozsáhlé aktivity týkající se revize evropského normalizačního systému. Byla zpracována tzv. „Strategie evropské normalizace do r. 2020“ a připravuje se nové nařízení Evropského parlamentu a Rady, které by mělo nabýt účinnosti k 1. lednu 2013. V rámci tohoto nařízení, které má být přímo implementováno do právního systému České republiky, budou muset národní normalizační organizace (v ČR je to Úřad pro technickou normalizaci metrologii a státní zkušebnictví – dále ÚNMZ) ve spolupráci s ostatními subjekty plnit řadu opatření. Jedním z nich je potřeba zlepšit povědomí o technické normalizaci, což lze dosáhnout např. pořádáním odborných seminářů pro malé a střední podniky, ale také výukou technické normalizace ve školách. Dalším opatřením je aktivizovat a zapojit malé a střední podniky do technických normalizačních komisí a připomínkování návrhů norem. Za tím účelem ÚNMZ připravuje veřejně dostupnou databázi rozpracovaných evropských norem, kde bude moci po zaregistrování zasílat své připomínky jakýkoliv subjekt.

Od r. 2010 se velmi zlepšila dostupnost norem tím, že ÚNMZ zavedlo službu „ČSN on-line“, kde lze za velmi příznivé poplatky (1000 Kč až 3 500 Kč za rok) prohlížet popřípadě i tisknout po celý rok plná znění všech ČSN. Do činnosti technické normalizace je v širokém rozsahu zapojen i Institut pro testování a certifikaci, a.s. (ITC), který má od ÚNMZ pověření vykonávat činnost Centra technické normalizace (CTN), a to pro oblast plastů, pryží, výrobků pro děti, stavebních výrobků, materiálů pro styk s potravinami, výrobků pro sport a zábavu, obuvi a usní. Povinností CTN je zajišťování normalizačních činností v celém procesu tvorby technické normy od etapy schváleného projektu v rámci mezinárodních a evropských normalizačních organizací až po zpracování textu normy při

jejím přejímání do soustavy českých technických norem. CTN v ITC se aktivně účastní činnosti a zajišťuje předsednictví u těchto čtyř technických normalizačních komisí (TNK):

- TNK 52 Plasty
- TNK 23 Pryž
- TNK 131 Plastové porubní systémy
- TNK 137 Hračky a výrobky pro děti

Kromě toho je ITC také správcem Sdružení technické normalizace gumárenského a plastikářského průmyslu (SGP-STANDARD), viz www.sgpstandard.cz, které zde působí již 20 let. Pro členské organizace je v rámci tohoto sdružení zajišťován balíček služeb, ať už jde o přístup na Informační portál SGP-STANDARD nebo provádění konzultací, zpracovávání rešerší a ověřování norem nebo legislativních předpisů.

Kromě toho jsou pro nečleny SGP-STANDARD nabízeny k prodeji následující on-line publikace (cena za roční on-line přístup do těchto publikací se pohybuje od 1 200 Kč do 3 500 Kč). Tyto publikace obsahují měsíčně aktualizované informace o platných a zpracovávaných normách ČSN, EN a ISO a o nově vydaných a platných evropských, českých a slovenských právních předpisech:

- Novinky v českých technických normách
- Technické normy a plasty
- Gumárenské suroviny a výrobky z pryže
- Plastové potrubní systémy
- Obecná bezpečnost a nový legislativní rámec
- Obaly a odpady
- Chemické látky a chemické přípravky
- Materiály a předměty ve styku s potravinami a pitnou vodou
- Ovzduší, voda, vodovody a kanalizace, radiace
- Integrovaná prevence, prevence závažných havárií, posuzování vlivů na životní prostředí a dobrovolné nástroje
- Analýza legislativy REACH

2. Informační portál ÚNMZ pro uvádění stavebních výrobků na trh EU

Na internetových stránkách Úřadu pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví (www.unmz.cz) v sekci Státní zkušebnictví je umístěn „Informační portál - předpisy a normy“, jehož poslední částí

je „Informační portál ÚNMZ specializovaný na právní a technické dokumenty v oblasti uvádění stavebních výrobků na jednotný evropský trh“. Podklady pro tyto stránky se připravují v Institutu pro testování a certifikaci. Tento informační portál má za úkol usnadnit orientaci v předpisech týkajících právních a technických dokumentů v oblasti uvádění stavebních výrobků na jednotný evropský trh a je určen především výrobcům, zplnomocněným zástupcům, distributorům, dovozcům, ale i např. expertům z tzv. „třetích stran“ zapojených do procesu posuzování shody (tj. autorizovaným a notifikovaným osobám) nebo kontrolním orgánům působícím v sektoru stavebnictví.

V současné době se výrobci připravují na nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 305/2011 (Construction Product Regulation, dále jen CPR) ze dne 9. března 2011, kterým se stanoví harmonizované podmínky pro uvádění stavebních výrobků na trh a kterým se zrušuje směrnice Rady 89/106/EHS, které nabude plné účinnosti až k 1. červenci 2013. Do té doby je stále základním předpisem pro oblast stavebních výrobků v rámci EU směrnice Rady 89/106/EHS ze dne 21. prosince 1988 o sblížení právních a správních předpisů členských států týkajících se stavebních výrobků ve znění směrnice Rady 93/68/EHS (Construction Product Directive, dále jen CPD).

Vzhledem k tomu, že CPR vyžaduje přímou implementaci do právního řádu ČR, bude nařízení vlády č. 190/2002 Sb., kterým byla CPD transponována do českého právního prostředí k 30. červnu 2013 zrušeno, zatímco nařízení vlády č. 163/2002 Sb. týkající se vybraných stavebních výrobků (neharmonizovaná oblast) zůstane v platnosti. V současné době se v souvislosti s CPR připravuje novela zákona č. 22/1997 Sb. o technických požadavcích na výrobky, která by měla nabýt účinnosti od začátku příštího roku.

Informační portál pro uvádění stavebních výrobků na trh EU je rozdělen do tří přehledných částí. Vzhledem k tomu, že do 30. června 2013 jsou základními předpisy nařízení vlády č. 190/2002 Sb. (stavební výrobky označované CE) a nařízení vlády č. 163/2002 Sb. (vybrané stavební výrobky), jsou první dvě části portálu věnovány podrobnostem k těmto dvěma předpisům. Třetí část portálu je velmi podrobná a týká se všech doplňujících informací k CPD a k těmto oběma předpisům včetně jejich srovnání s CPR a upozorněním na ty skutečnosti, které budou od 1. července 2013 pro výrobce zásadní.

I. část - stavební výrobky označované CE:

První část portálu zahrnuje výrobky, které jsou upraveny nařízením vlády č. 190/2002 Sb. Pro zařazení výrobků do tohoto nařízení vlády je třeba znát aktuální přehled harmonizovaných technických specifikací (harmonizované normy a Evropské technické schválení), včetně počátku a konce přechodného období (období souběžné platnosti). Pokud přechodné období neskončilo, pak lze postupovat buď podle nařízení vlády č. 163/2002 Sb., nebo může již být využit postup podle nařízení vlády č. 190/2002 Sb. Pokud přechodné období skončilo, pak musí výrobce postupovat pouze podle nařízení vlády č. 190/2002 Sb. a výrobek musí opatřit označením CE (na základě posouzení shody výrobku s příslušnými technickými specifikacemi a splnění stanoveného postupu posuzování shody 1+, 1, 2+, 2, 3 nebo 4). Proto byla za tímto účelem jako první zpracována rozsáhlá a přehledná tabulka harmonizovaných norem umožňující snadné vyhledávání a orientaci. Tato tabulka u každé z harmonizovaných norem uvádí, jakým způsobem je zavedena do ČSN, který mandát a které rozhodnutí Komise jí odpovídá, jaký je třeba použít postup posuzování shody, dále uvádí působnost notifikované osoby a její rozsah. Pro lepší orientaci byly dále harmonizované normy a jim odpovídající informace přiřazeny k jednotlivým skupinám výrobků podle přílohy VI nového nařízení CPR. Pro přehlednost byl v této kapitole ještě zpracován seznam českých notifikovaných osob (včetně odkazu na jejich rozsah činnosti) schválených k činnostem při procesu posuzování shody výrobků stanovených podle nařízení vlády č. 190/2002 Sb.

II. část - vybrané stavební výrobky (bez označení CE)

Druhá část portálu je věnována výrobkům z tzv. neharmonizované oblasti, pro něž dosud technické specifikace zpracovány nebyly, a které spadají do působnosti nařízení vlády č. 163/2002 Sb. pro vybrané stavební výrobky, bez označení CE. V případě, že platí pro výrobek určené normy a tyto určené normy konkretizují z hlediska použití základní požadavky, provede se posouzení shody na základě nich. Proto je v této kapitole jako první zařazen aktuální přehled určených norem. Pokud určené normy neexistují, popřípadě nepokrývají všechny užité charakteristiky ve vztahu k základním požadavkům, vydává se stavební technické osvědčení, na jehož základě bude provedeno posouzení shody (k tomuto účelu slouží tzv. technické návody zveřejněné na www.tazus.cz). V tabulce, která uvádí přehled subjektů

autorizovaných k činnostem při posuzování shody, je u každé autorizované osoby možno otevřít i rozsah její působnosti. V příloze č. 2 nařízení vlády č. 163/2002 Sb. jsou tyto vybrané výroby spadající do působnosti tohoto nařízení rozděleny do 12 výrobních skupin, zpravidla v závislosti na určeném použití výrobků ve stavbě. Proto byly v další části této části zpracovány jednotlivé skupiny (1 až 12) formou přehledných tabulek tak, že ke každé položce uvedené v tabulce jsou přiřazeny příslušné otevíratelné postupy posuzování shody podle § 5, § 5a, § 6, § 7 a § 8 tohoto nařízení vlády, dále je zde uvedena působnost jednotlivých autorizovaných osob včetně otevíratelného rozsahu jejich činnosti, dále odkaz na odpovídající technický návod otevíratelný přímo z www.tazus.cz a nakonec přiřazení odpovídajících harmonizovaných norem, aby bylo zřejmé, které výrobky přešly do působnosti nařízení vlády č. 190/2002 Sb.

III. část - Technické požadavky na stavební výrobky podle dokumentů ES a ČR

Třetí část portálu svým obsahem vhodným způsobem doplňuje a upřesňuje předchozí dvě části. Členění této části na jednotlivé kapitoly vychází ze struktury evropských předpisů, přičemž jsou v každé kapitole rozebrány současné požadavky na stavební výrobky podle CPD a je provedeno srovnání s CPR. U každé kapitoly jsou pak doplněny relevantní předpisy, dokumenty ČR a normy. Pro lepší přehlednost je zde umístěn terminologický slovník, kde jsou jednotlivé termíny vztahující se k postupům podle CPD i CPR abecedně seřazeny, přičemž obsahují vysvětlivky a odkazy na další podrobnosti uvedené na tomto portálu. Další usnadnění orientace umožňuje kapitola, kde je uveden stručný postup uvádění stavebních výrobků na trh EU před 1. červencem 2013 podle stávajících předpisů a po tomto datu podle nového nařízení CPR.

3. Závěr

Informační portál ÚNMZ pro stavební výrobky poskytuje velké množství užitečných informací a usnadňuje výrobcům stavebních výrobků orientaci v současných povinnostech i přípravu na novou situaci, kdy od 1. července 2013, nabude celkové účinnosti nařízení EP a Rady 305/2011 (CPR). Předpokládáme, že od 1. července 2013 bude také

portál v souvislosti s novými skutečnostmi přepracován tak, že budou vypuštěny všechny texty vztahující se ke směrnici Rady 89/106/EHS. Kromě sledování informací o předpisech a normách je však také užitečné, aby se výrobní podniky účastnily připomínkování návrhů technických norem pro stavební výrobky, které mají ve své působnosti. V rámci připomínkování lze ovlivnit, aby se do norem nedostaly překážky technického charakteru, které pak mohou výrobu zbytečně komplikovat. Při sledování norem a předpisů mají podniky informace včas a v předstihu tak, že se mohou rychle orientovat a dobře připravit na novou situaci. Je třeba si uvědomit, že normy nejsou pro podniky regulatorní nutností, ale komerční výhodou.

Internetové odkazy

- [1] <http://www.unmz.cz/urad/informacni-portal-unmz>
- [2] <http://www.unmz.cz/urad/informacni-portal-unmz-specializovany-na-pravni-a-technicke-dokumenty-v-oblasti-uvadeni-stavebnich-vyrobku-na-jednotny-evropsky-trh-c233>
- [3] <http://www.sgpstandard.cz>
- [4] <http://www.itczlin.cz>

Kontakt

Ing. MARIE BAČÁKOVÁ, tel: 00420 577 601 524, e-mail: mbacakova@itczlin.cz, Institut pro testování a certifikaci, a. s., T. Bati 299, 764 21 Zlín.

2. – 3. října 2012, FAST VUT v Brně

TEORETICKÉ A PRAKTICKÉ ASPEKTY MANAŽÉRSTVA KVALITY V STAVEBNÍCTVE

THEORETICAL AND PRACTICAL ASPECTS OF QUALITY MANAGEMENT IN THE CONSTRUCTION INDUSTRY

Tibor Ďurica

Vysoká škola bezpečnostného manažérstva v Košiciach

Anotace:

Teoretické a praktické aspekty plánovania, riadenia a kontroly kvality v stavebníctve. Základné príčiny kolísania výslednej kvality stavebného diela.

Annotation:

Theoretical and practical aspects of planning, management and quality control in construction. The basic causes fluctuations resulting quality of the construction works.

Klíčová slova: *stavebníctvo, kvalita, skúšobníctvo, manažérstvo, etika, morálka*

Keywords: *construction, quality, testing, management, ethics, morality*

1. Úvod

Stavebníctvo, napriek stochastickým princípom svojej činnosti, si za tisícročia svojho vývoja, zabudovalo vlastné mechanizmy a princípy plánovania, riadenia a kontroly kvality, ktorými sa v podstate úspešne riadilo. Počnúc Chamurapiho Kódexom o kvalite staviteľstva, Larousseho lexikónom (Kvalita je to, čo robí danú vec práve tou vecou, ktorá je), cez „Komplexné riadenie kvality“ a „Povinné hodnotenie výrobkov“, normy ISO 9000, a TQM sa dostávame ku Kvalite spoločnosti a ku Kvalite života.

2. Všeobecne

Pre stavebníctvo je typická **postupná tvorba kvality** stavebného diela. V rámci výstavbového procesu (presnejšie *Životného cyklu stavebného diela*) počnúc *špecifikáciou zákazníka* (môže byť úplný laik, ale aj skúsený profesionál), cez *predprojektovú a projektovú prípravu* (v dnešnom ponímaní Projektové manažérstvo), *výrobu stavebných výrobkov a prvkov, stavebno-technologickú prípravu stavby, samotné zhotovenie stavebného diela, jeho využívanie* (vrátane údržby, opráv a obnovy) až po jeho *demoláciu* (vrátane žiaducej recyklácie vzniknutého odpadu) sa na výslednej kvalite stavebného diela podieľajú mnohé stavebné profesie.

Vo všetkých uvádzaných etapách sa na plánovaní a zabezpečovaní kvality stavebného diela významným spôsobom podieľa *Štandardizácia*, teda Technická normalizácia, Metrológia a Skúšobníctvo.

Priemysel výroby stavebných látok vyrába stavebné výrobky pre anonymného zákazníka, pričom za ich kvalitu zodpovedá výrobca a za systémový prístup zodpovedá štát (dnes už formou aproximácie práva EÚ) svojou legislatívou.

Nariadenie Európskeho parlamentu a Rady EÚ č. 305/2011 z 9. marca 2011 ustanovuje harmonizované podmienky uvádzania stavebných výrobkov na trh a zrušuje Smernicu Rady č. 89/106/EHS o stavebných výrobkoch. Nariadenie EP a Rady EÚ č. 305/2011 stanovuje tieto základné požiadavky:

- mechanická odolnosť a stabilita,
- požiarne bezpečnosť,
- hygiena, zdravie a ochrana životného prostredia,
- užívateľská bezpečnosť,
- ochrana proti hluku,
- úspora energie a ochrana tepla,
- trvalo udržateľné využívanie prírodných zdrojov. (*nová základná požiadavka, ktorá nebola uvedená v Smernici č. 89/106/EHS*).

Pre stavebníctvo je charakteristické a zároveň od ostatných výrobných odvetví ho odlišuje [1]:

a) stavba je uskutočňovaná na individuálnu zákazku (špecifikácia požiadaviek zákazníkom) podľa individuálneho projektu. Spravidla ide o výrobok neštandardný,

b) stavba má stacionárny charakter a je uskutočňovaná veľkým počtom účastníkov sústredených na obmedzenom priestore, vo vymedzenom čase, pričom väčšina technologických procesov prebieha na voľnom priestranstve, nechránenom pred vplyvmi počasia,

c) stavba je finančne veľmi náročný produkt, je zhotovovaná dlhšie časové obdobie. Pre stavebníctvo je typická postupná tvorba kvality v rámci celého procesu výstavby, kontrola kvality (vrátane skúšok) je priebežná počas výstavby.

d) záverečné hodnotenie (kolaudačné konanie) kvality stavebného diela je vlastne vizuálna kontrola kvality povrchov konštrukcie a konštrukčných prvkov, komplexné zhodnotenie postupu výstavby a preberania dokumentácie (projekt skutočného vyhotovenia stavby, doklady o preukazovaní zhody, revízne správy, výsledky skúšok, kapacitné skúšky výrobných komplexov, etc..). Na hotové stavebné dielo nie je možné aplikovať pojem „nezhodný výrobok“, teda vyhlásiť hotovú stavbu za nepoužiteľný zmätok.

3. Normalizácia, metrológia a skúšobníctvo

Technická normalizácia je činnosť zameraná na zjednodušenie, zjednotenie a zhospodárnenie konštrukcie a výroby. Predmetom sú opakujúce sa výrobky, úkony, činnosti apod., ktorých vývoj je ustálený, alebo je žiaduce ustáliť ho normou. V normalizačnej činnosti sa uplatňujú najmä: typizácia, unifikácia a špecifikácia. Technická normalizácia sa používa na zabezpečenie, stanovenie a regulovanie najvhodnejších riešení pre opakujúce sa technické úkony najmä z hľadiska bezpečnosti, kvality a hospodárnosti.

Otázky verejného záujmu, ochrana spotrebiteľa a požiadavky na zvýšenie kvality života a udržateľného rozvoja sa presadzovali hlavne v rámci harmonizovaných európskych a mandátových noriem, ktoré európske normalizačné organizácie tvoria na základe mandátu Európskej komisie v zmysle smernice 98/34/ES. Tieto normy boli prioritou v oblasti pripomienkovania a spracúvania plánu technických noriem.

Metrológia je vedný a technický odbor obsahujúci všetky znalosti a činnosti týkajúce sa merania – náuka o meraní, ktorá pojednáva o jednotkách, metódach, technickou merania, meradlami, stanovením fyzikálnych a materiálových konštánt, ako aj kompetentnosťou osôb, ktoré merania vykonávajú. Poslaním legálnej metrológie je kontrolovať správnosť meradiel a merania na zabezpečenie ochrany spotrebiteľa, ochrany zdravia, majetku, životného prostredia a bezpečnosti pri práci, čo je prirodzená povinnosť štátu. Jej cieľom je zabezpečiť dôveryhodnosť výsledkov meraní, poskytnúť verejnú záruku jednotnosti a správnosti meraní. Treba poznamenať, že ľudia využívajúci výsledky meraní v aplikačnej oblasti legálnej metrológie nemusia byť odborníci v metrológii. Preto za vierohodnosť takýchto meraní preberá zodpovednosť štát.

Používané meradlá a zariadenia musia zaručiť správne výsledky merania: v pracovných podmienkach, počas celej doby používania a v hranici dovolených chýb.

Legálna metrológia zahŕňa všetky aktivity spojené s meraním, ktoré sú predpísané právnymi predpismi (požiadavky na meranie, stanovenie a používanie meracích jednotiek, požiadavky na meradlá a metódy merania, metrologická kontrola meradiel). Ich cieľom je zabezpečiť potrebnú úroveň dôveryhodnosti výsledkov meraní v regulovanej oblasti. Úlohou podnikovej metrológie je zjednotiť vlastnosti meradiel tak, aby zodpovedali účelu na ktorý boli v technologickom postupe určené. Pod pojmom zjednotenie sa rozumie nastavenie a pravidelná kontrola ich vlastností porovnávaním s predpísanými etalónmi.

Neoddeliteľnou súčasťou metrológie je proces kalibrácie meradiel. Úroveň kalibračných služieb musí zodpovedať kritériám EN EN 45 001. Štát poveril SNAS (Slovenský národný akreditačný systém) povinnosťami a úlohami akreditácie skúšobných laboratórií. Špičkové skúšobne sú zaradované do združenia európskych akreditovaných laboratórií.

Skúšobníctvo je možno definovať ako systém legislatívno-právnych a technických predpisov, technických prostriedkov, personálu a súboru činností, ktorých cieľom je pre určené výrobky zabezpečiť posudzovanie zhody s požiadavkami technických predpisov a ostatné súvisiace činnosti. Úlohou skúšobníctva je podať objektívny obraz o kvalite výrobku, alebo o operácii v priebehu výroby. Vytvára podmienky kvality detailov mozaiky výrobku, od ktorého očakávame predpokladané vlastnosti.

Na Slovensku bola schválená „Koncepcia štátnej politiky technickej normalizácie, metrológie, skúšobníctva a akreditácie na roky 2009 až 2012“, ktorá je v rámci finančných možností aj vcelku uspokojivo plnená.

4. Integrácia manažérskych systémov

Dnes prakticky vo všetkých väčších stavebných firmách je zavedený a certifikovaný **Systém manažérstva kvality** podľa požiadaviek normy ISO 9001. Veľké firmy majú zavedený **Integrovaný manažérsky systém**, keď majú okrem systému manažérstva kvality certifikované aj ďalšie manažérske subsystémy: **Environmentálne manažovaný systém** (ISO 14 001) a **BOZP/OHSAS** (ISO 18 001). Čoraz viac sa od firiem vyžaduje uplatňovať pri riadení zásady a princípy **Spoločenskej zodpovednosti** – norma ISO 26000 (zatiaľ sa nepredpokladá certifikácia tohto subsystému). Žiada sa, aby organizácia brala do úvahy „*spoločenské, ekologické, právne, kultúrne, politické a organizačné rozmanitosti, ako aj rozdiely v hospodárskych podmienkach, pri zachovaní súladu s medzinárodnými normami správania*“. Organizácie majú teda k dispozícii ďalšiu normu, obsah a zameranie ktorej (rovnako ako doposiaľ „kvalita“, „životné prostredie“ a „BOZP“) by mali byť začlenené do všetkých aspektov toho, akým spôsobom organizácia podniká, tj. spoločenská zodpovednosť by mala byť začlenená do všetkých úrovní plánovania, realizácie, monitorovania a hodnotenia zlepšovania efektívnosti nielen voči vlastníkom a zamestnancom, ale aj smerom ku ďalším zainteresovaným stranám. [2] Aj tu platí zásadná otázka, nakoľko sú zavedené a opakovane certifikované systémy efektívne pre konkrétnu firmu a celú spoločnosť.

5. Hodnotenie kvality

Smernica Rady č. 89/106/EHS o stavebných výrobkoch, ako aj Nariadenie EP a Rady EÚ č. 305/2011 sú preberané do národnej legislatívy (Stavebný zákon, Zákon o stavebných výrobkoch). Rovnako prostredníctvom SÚTNU, resp. ČITNU sú do sústavy technických noriem preberané normy EN a to vrátane skúšobníctva.

Smernicou sa okrem iného vytvoril rámec na vydávanie harmonizovaných technických špecifikácií stavebných výrobkov prostredníctvom harmonizovaných technických noriem hEN (na jednoduchšie stavebné výrobky). Na stavebné výrobky dodávané na trh ako súbor viacerých komponentov vydáva EOTA predpisy na európske technické osvedčenia ETAG. Z hľadiska preukazovania zhody je harmonizovanou technickou špecifikáciou Európske technické osvedčenie ETA, vypracované

osvedčovacím miestom podľa ETAGu na konkrétny systém konkrétneho výrobcu.

Smernica Rady č. 89/106/EHS o stavebných výrobkoch definovala ako tretiu nezávislú stranu zapojenú do preukazovania zhody stavebných výrobkov s technickými špecifikáciami, štyri skupiny certifikačných orgánov/organizácií: certifikačný orgán na výrobky vydávajúci certifikát zhody, certifikačný orgán na výrobky vydávajúci certifikát zhody, certifikačný orgán na vnútropodnikovú kontrolu (VPK) vydávajúci certifikát zhody VPK, inšpekčný orgán a skúšobné laboratórium. Tieto orgány musia byť akreditované na národnej úrovni príslušnou autoritou (na Slovensku to je Slovenská národná akreditačná služba).

Smernica Rady č. 89/106/EHS o stavebných výrobkoch definovala metódy a systémy uplatňované pri preukazovaní zhody stavebných výrobkov s technickými špecifikáciami. Systémy, od najnáročnejšieho (1+) po najnižší (4), pozostávajú z kombinácie metód preukazovania zhody (Certifikát zhody, Certifikát VPK, Vyhlásenie zhody, Počiatočná skúška typu). Za uplatňovanie uvedených metód preukazovania zhody je zodpovedný výrobca. Na plánovanie, riadenie a kontrolu kvality máme inštitúty: „*Plán kvality stavby*“, „*Kontrolný a skúšobný plán stavby*“, „*Vnútropodniková kontrola*“.

Legislatívne je teda všetko v poriadku, máme potrebné nástroje na plánovanie, riadenie a kontrolu kvality. Otázne je nakoľko sa tieto nástroje správne a vhodne používajú. Možno správnejšia otázka znie: v akej miere sa nepoužívajú, resp. obchádzajú.

Pred rokom 1990 bola pre štát, ktorý všetko vlastnil a všetko kontroloval, prioritou plnenie plánu, pričom kvalita práce a produkcie bola sekundárna. Dnes by o kvalite mal rozhodovať trh, v terminológii manažérstva kvality teda **zákazník**. Je zrejmé, že z rôznych dôvodov tomu tak nie je a často zákazník ťahá za kratší koniec, a to nielen v stavebníctve. V dôsledku tlaku spoločnosti (zvyšujúce sa nároky zákazníkov) a tlaku legislatívy máme teda certifikované manažérske systémy, máme doklady preukázania zhody na stavebné výrobky a napriek tomu máme na stavbách nekvalitné výrobky a nekvalitne zhotovené stavebné konštrukcie a konštrukčné prvky. O tejto skutočnosti svedčí množstvo reklamácií, aj keď na druhej strane nemalo reklamácií je s cieľom zníženia ceny za dodávky stavebných výrobkov alebo zhotovenej časti stavebného diela. Netreba pritom zabúdať na fakt, že jedným z faktorov kvality výrobkov je cena. Ďalšou príčinou nekvality je skutočnosť, že špecifikácia technických požiadaviek je výrobcami stavebných výrobkov definovaná pre použitie stavebného výrobku v konkrétnych

podmienkach stavebného diela, čo nie je vždy v projektoch správne aplikované. Ten istý výrobok môže byť pre niektoré aplikácie v tej istej budove vhodný, ale aj nevhodný.

Treba konštatovať, že v stavebníctve (aj vo výrobe stavebných výrobkov) sa štatistické metódy používajú len ojedinele. Pri preberke výrobkov je dôležitejší faktor času, a v konečnom dôsledku to veľkoodberateľ a ni nezáujíma a malooodberateľ (konečný zákazník) o tom často ani nevie. Štatistické metódy nevyužívajú ani výrobcovia, a to ani v prípade, že pri štatistickom hodnotení rovnorodosti výroby (regulačné medze UCL a LCL) by mohlo dôjsť ku zníženiu nákladov (napr. pri výrobe čerstvého betónu možnosť zníženia dávky cementu) [1], [3]. Problematiku charakteristickej pevnosti betónu a 5%-tného kvantilu pri hodnotení kvality betónu podrobne analyzuje Kučera [4]. Zákaznícka otázka tu znie: Má výrobca právo vnucovať zákazníkovi tovar, kde je 5 % nevyhovujúcich výrobkov? Ďalšou kontraproduktívnou skutočnosťou je hodnotenie pevnosti v tlaku betónu v konštrukciách a v prefabrikovaných betónových dielcoch na stavbe podľa ustanovení EN 13791 [5]. Táto norma uvádza minimálne charakteristické pevnosti v tlaku na stavbe pre triedy pevnosti v tlaku podľa EN 206-1, pričom pomer charakteristickej pevnosti betónu na stavbe k charakteristickej pevnosti štandardných vzoriek je stanovený koeficientom 0,85 (tento pomer je aj súčasťou γ_c v EN 1992-1-1:2004). Tento prístup povoľuje pevnosť betónu v betónovej konštrukcii na úrovni 85 % požiadaviek pri štandardných vzorkách odobratých pri výrobe.

6. Zodpovednosť za kvalitu

Kvalita produktu vzniká ako výsledok zámerne cielených koordinovaných procesov a postupov v konkrétnom čase a priestore. Faktory kvality v stavebníctve sú podrobne uvádzané v monografii [1].

Možno konštatovať, že ľudstvo má zvládnuté faktory kvality produkcie technického, technologického a materiálového charakteru, veľké pokroky boli dosiahnuté v oblasti tvorby a ochrany životného prostredia, zlepšenie nastalo aj v oblasti BOZP; v produkčných systémoch je na vysokej úrovni zvládnutá logistika, prevláda metóda „just in time“; výrazne sa znížila energetická a materiálová náročnosť, etc..

Na druhej strane sa ukazuje, že ľudstvo nezvláda celkom vysokú úroveň techniky a technológie a zaostáva v oblasti morálky a etiky. Cieľom sú peniaze, víťazí sila, bezohľadnosť a bezcharakternosť. Porušujú sa morálne a etické normy. *Morálka* je však do značnej miery kategória

skupinová. Svoju morálku majú politici, športovci, novinári, policajti, zloději, kvalitatári, skúšobníci, ..., takže je zložité sa dovolávať všeobecnej platnej morálky. Všeobecné morálne hodnotenie sa má robiť v kategóriách dobra a zla, spravodlivosti a nespravodlivosti.

Etická zodpovednosť – v zásade by malo ísť o princípy a postupy etickej zodpovednosti s cieľom zlepšovať vnútorné štandardy, individuálne a skupinové správanie, rovnako ako aj externé faktory, ako je udržateľný rast hospodárskych a ekologických stratégií. *Administratívna zodpovednosť* – Vnútorné predpisy a normy, ktoré vedú úradníka organizácie/štátu k zodpovednosti.

V organizáciách podstata *princípu zodpovednosti* spočíva v tom, že organizácia má byť zodpovedná za svoj vplyv/dopad na spoločnosť, hospodárstvo a životné prostredie v okruhu pôsobnosti svojej činnosti.

Vo vedúcich pozíciách zodpovednosť znamená *uznanie* a **prevzatie** zodpovednosti za produkty, rozhodnutia, akcie a politiky, vrátane správy, riadenia a realizáciu v rámci úloh. Zahŕňa v sebe aj pracovné postavenie a povinnosť hlásiť, vysvetliť a **zodpovedať sa** za dôsledky, ktoré z rozhodnutí a práce vyplývajú.

7. Záver

Kvalita produkcie znamená, trvalo vyrábať kvalitné výrobky, čo na strane jednej predstavuje precízne definovanie technických špecifikácií, funkčný a efektívny integrovaný manažérsky systém (vrátane kontroly a skúšobníctva) a na strane druhej vysoká morálka (nepodvádzať).

Literatura

[1] ĎURICA, T. a kol.: Kvalita vo výstavbovom procese. ELFA, Košice, 2001, ISBN 80 – 89066 – 01 – 1

[2] Ďurica, T.: Bezpečnostné aspekty sociálno-ekonomickej zodpovednosti. In.: Zborník vedeckých príspevkov z medzinárodnej vedeckej konferencie VŠMP ISM Slovakia v Prešove „Podnikanie a inovácie podnikateľských aktivít No. 5“, Zemplínska Šírava, 2012, s. 258-267, ISBN: 978-80-89372-40-9, EAN: 9788089372409 (CD)

[3] ĎURICA, T. - HUBOVÁ, V.: Využitie štatistických metód pri kontrole kvality výroby betónu. In.: 23. Konferencie: Sanace a rekonstrukce staveb, Praha, 2001, ISBN 80-02-01433-2, s. 337 – 341.

[4] KUČERA, V.: Čemu věří betonáři?, Beton TKS č. 2/2004, s. 43 - 46, ISSN 1213-3116

[5] STN EN 13791:2008 (73 2012) Stanovenie pevnosti v tlaku v konštrukciách a v prefabrikovaných betónových dielcoch na stavbe.

Kontakt

Prof. Ing. TIBOR ĎURICA, CSc., tel: 00421 055 728 08 61, e-mail: tibor.durica@vsbm.sk, Ústav technickej a technologickej bezpečnosti, Vysoká škola bezpečnostného manažérstva v Košiciach, Kukučínova 17, 040 01 Košice

2. – 3. října 2012, FAST VUT v Brně

POSTUP A VÝSLEDKY KONTROLY OPTICKÝCH PREVAŽOVACÍCH PRÍSTROJOV

PROCEDURE AND RESULTS OF TESTING OPTICAL PLUMBING INSTRUMENTS

Ján Ježko

Katedra geodézie, Stavebná fakulta,
Slovenská technická univerzita v Bratislave

Anotace:

Vytyčovanie a kontrola zvislého smeru patrí medzi často riešené úlohy i v stavebníctve. K prístrojom, ktoré sa používajú pri vytyčovaní zvislíc patria optické prevažovacie prístroje (optické premietače). Najčastejšie používaným prístrojom je prístroj Zeiss PZL (Zeiss Zenitholt PZL 100). Príspevok popisuje postup a výsledky testovania podľa STN ISO 17123-7: 2010 Optika a optické prístroje – Postupy na testovanie geodetických prístrojov. 7. časť: Optické prevažovacie prístroje.

Annotation:

Setting out and control of a vertical direction belong among often solved tasks in civil engineering. In order to setting out a plumb line the optical plumbing instruments are used. The most commonly used instrument for this activity is Zeiss PZL (Zeiss Zenitholt PZL 100). This contribution describes the procedure and results of testing according to STN ISO 17123-7: 2010 Optics and optical instruments – Field procedures for testing geodetic and surveying instruments. Part 7: Optical plumbing instruments.

Klíčová slova: kontrola zvislého smeru, optické prevažovacie prístroje, empirická štandardná odchýlka

Keywords: vertical direction control, optical plumbing instrument, empirical standard deviation

1. Úvod

K prístrojom ktoré sa používajú pri kontrole zvislosti a vytyčovaní zvislíc v stavebníctve patria aj optické prevažovacie prístroje (optické premietacie). Optický prevažovač, používaný v stavebníctve i v geodézii je prístroj zo zvislou zámernou priamkou, ktorej zvislú polohu zabezpečuje urovnaná libela alebo kompenzátor. Často používaným prístrojom na túto činnosť je prístroj Zeiss PZL (Zeiss Zenitholt PZL 100). Podobne ako pri iných geodetických prístrojoch a pomôckach je jeho kontrola a testovanie dôležitou súčasťou využívania v praxi. Kontrolu optických prevažovacích prístrojov umožňuje aj norma z oblasti pôsobnosti medzinárodnej technickej komisie ISO/TC 172/SC 6 - Optics and optical instruments /Geodetic and surveying instruments (Optika a optické prístroje/Geodetické a meracie prístroje): STN ISO 17123-7: 2010 Optika a optické prístroje – Postupy na testovanie geodetických prístrojov. 7. časť: Optické prevažovacie prístroje [1].

2. Postupy na testovanie geodetických prístrojov - optické prevažovacie prístroje

STN ISO 17123-7 špecifikuje skúšobné postupy, zamerané na určovanie a odhad presnosti optických prevažovacích prístrojov používaných pri meraniach v stavebníctve a geodézii. Cieľom týchto skúšok je najmä overenie vhodnosti jednotlivých prístrojov pre príslušnú úlohu a splnenie požiadaviek iných noriem. Postupy sú určené na skúšanie prístrojov v teréne bez potreby ďalších zariadení a sú navrhnuté tak, aby bol minimalizovaný vplyv atmosférických podmienok na výsledok testu [1, 4].

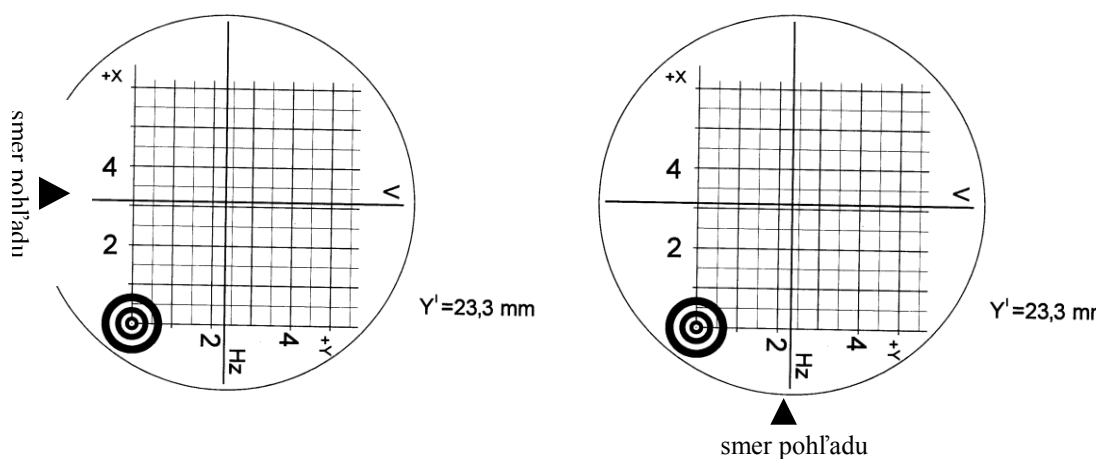
2.1. Základná charakteristika a princíp merania optickým prevažovačom Zeiss PZL 100

Optický prevažovač Zeiss PZL 100 (obr. 1) je prístroj, ktorého zámerná os je zvislá a zvislicu je možné vytýčiť len smerom do zenitu. Zámerný kríž optického prevažovača pozostáva z dvojice dvoch na seba kolmých rysiek – vodorovnej a zvislej (obr. 2). Vodorovná ryska je urovnávaná kompenzátorom a zvisla pomocou alidádovej libely. Nižšia presnosť urovnania zvislej rysky spôsobuje, že pri presných prácach sa na vytyčovanie používa iba vodorovná ryska.

Aby sa odstránila chyba z urovňovania vodorovnej rysky vplyvom chyby kompenzátora, vytýčenie sa vykonáva v dvoch navzájom o 180° pootočených polohách. Polohu bodu na cieľovej značke (terči), ktorým prechádza zvislica realizovaná optickým prevažovačom, sa určuje v štyroch polohách, vzájomne pootočených o 90°. Cieľová značka je tvorená milimetrovým rastrom s vyznačením orientácie jednotlivých osí (obr. 2). Horizontáciu prevažovača zaistíme pomocou urovňovacích skrutiek a alidádovej libely, upevnenej na prístroji (alidáde), v dvoch na seba kolmých smeroch [3].



Obr. 1 Optický prevažovač Zeiss PZL 100



Obr. 2 Zámerný kríž a spôsob určenia polohy bodu optickým prevažovačom

Spriemerovaním hodnôt súradníc z prvej a druhej polohy získavame výslednú polohu bodu (y, x) na cieľovej značke:

$$\bar{y} = \frac{1}{2} \cdot (y' + y'') \quad \text{a} \quad \bar{x} = \frac{1}{2} \cdot (x' + x'') \quad (1)$$

Optický prevažovač dosahuje presnosť vytyčenia zvislice vyjadrenú pomernou presnosťou 1 až 2 : 100 000. Presnosť vytyčenia zvislice je priamoúmerne hodnote prevýšenia medzi prevažovačom a cieľovou značkou (pri prevýšení $h = 100 \text{ m}$ je presnosť vytyčenia 1 až 2 mm). Presnosť takto vytyčenej zvislice môžeme vyjadriť strednou chybou vytyčenia zvislice v smere osi „y“ alebo „x“, ktorú vypočítame podľa vzťahu [2]:

$$\sigma_y = \frac{2 \cdot h}{100000}, \text{ resp. , } \sigma_x = \frac{2 \cdot h}{100000} \quad (2)$$

kde h je prevýšenie medzi optickým prevažovačom a cieľovou značkou, vyjadrené v milimetroch.

Stredná polohová chyba vytyčenia bodu, ktorým prechádza zvislica, je potom daná vzťahom

$$\sigma_p = \sqrt{(\sigma_y^2 + \sigma_x^2)}. \quad (3)$$

Ak uvažujeme aj presnosť centrácie prístroja nad bodom, v tom prípade bude potrebné k celkovej strednej polohovej chybe vytyčenia bodu zahrnúť aj túto hodnotu [2, 3].

2.2 Testovanie prístroja PZL podľa STN ISO 17123-7: 2010 Optika a optické prístroje – Postupy na testovanie geodetických prístrojov. 7. časť: Optické prevažovacie prístroje

Norma definuje skúšobné postupy, ktoré sa používajú pri určovaní a stanovení presnosti počas používania optických prevažovacích prístrojov pre meračské účely. Postupy uvedené v tejto norme sa týkajú používania prístrojov v stavebnej praxi pre kontrolné a overovacie merania a zároveň umožňujú určenie presnosti meraných údajov [4].

Presnejšie výsledky sú získané pri laboratórnych podmienkach, ale dôveryhodnejšie výsledky budú dosiahnuté, ak sa prostredie prispôbi podmienkam, v akých bude realizovaná plánovaná úloha. Ako cieľová značka používa terč na, ktorom je pripevnená pravouhlá mriežka $x - y$, kde veľkosť intervalu mriežky t musí spĺňať:

$$t \geq 2,9 \times \frac{h}{\Gamma}, \quad (4)$$

kde h je prevýšenie medzi optickým prevažovačom a cieľovou značkou, vyjadrené v metroch (prevažovaná výška), Γ je zväčšenie ďalekohľadu (u Zeiss PZL 100 je zväčšenie 31,5 násobné), 2,9 je konštantný faktor umožňujúci dobrý odhad veľkosti mriežky [4].

Presnosť určenia polohy bodu pri optických prevažovacích prístrojoch je priamoúmerne závislá na hodnote prevýšenia medzi prevažovačom a cieľovou značkou. Relatívna empirická stredná chyba $s_{ISO-plumb}$ vyjadruje presnosť, ktorá sa dosiahne pri určení jedného bodu s príslušným prevažovaným prevýšením. Skúšobné postupy umožňujú tri nasledujúce kombinácie:

- jeden merač, jeden prístroj počas celého prebiehajúceho merania,
- jeden testovaný prístroj za rôznych atmosférických podmienok,
- dva prístroje testované za rovnakých atmosférických podmienok [4].

Konfigurácia pri testovaní pozostáva s optického prevažovača, cieľovej značky reprezentovanej mriežkou $x - y$ s intervalom delenia, ktorý má spĺňať podmienku uvedenú vo vzťahu (4). Cieľová značka má byť umiestnená vo výške približne rovnakej ako je výška pri plánovanej meračskej úlohe. Pred začatím merania je potrebné prístroj aklimatizovať. Teplotnému rozdielu 1°C sa odporúča dĺžka aklimatizácie cca 2 minúty. Pri testovaní sa vykonávajú sa tri série meraní ($m=3$), kde každá séria sa skladá s 10 opakovaní ($n=10$). Medzi jednotlivými sériami meraní sa poruší horizontácia a prístroj sa opakovane horizontuje. Výsledkom merania sú dva súbory meraných údajov jeden pre hodnoty na x-ovej osi ($x_{j,I}, x_{j,II}$) a druhý pre hodnoty na y-ovej osi ($y_{j,I}, y_{j,II}$) [4].

2.3 Testovanie vybraných prístrojov Zeiss PZL 100

Optický prevažovač sa využíva v geodetickej praxi vo väčšine prípadov na vytýčenie zvislice v smere nahor. Vytýčením zvislice sa kontrolujú zvislosť a náklony stavebných objektov, z ktorých je možné odvodiť vodorovné posuny pozorovaných bodov a objektov. Pri realizácii takýchto meraní sa nepoužije jeden pozorovaný bod, ale množina vhodne rozmiestnených pozorovaných bodov na danom objekte. Preto aj pri testovaní optického prevažovača Zeiss PZL 100 bola zvolená za pozorovaný objekt 7 poschodová budova s výškou 25m. Rez stavebným objektom s vyznačením polohy pozorovaných bodov a prístroja je obr.2.3.

Pri testovaní bola zvolená metóda s dvoma prístrojmi (prístroj č.1 a č.2), za rovnakých atmosférických podmienok. Umiestnenie prístrojov bolo počas celého testovania nemenné, obr. 4. Pozorované body boli umiestnené na medziposchodiach vo výške približne 1,80m od podesty a stabilizované pomocou kovovej podložky, ktorá bola pevne spojená so stenou. Podložka zabezpečovala trvalú stabilizáciu bodu (obr. 4). Pozorované body boli signalizované dočasne a to pomocou cieľovej značky, na ktorej je upevnená mriežka $x - y$ s intervalom delenia 1 mm

2. – 3. října 2012, FAST VUT v Brně

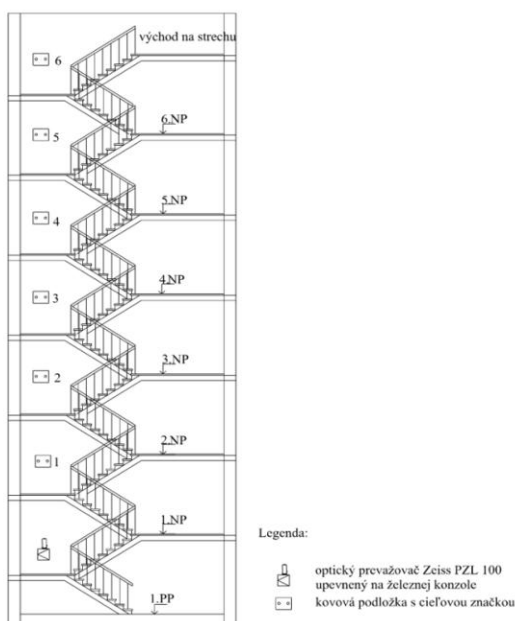
(obr. 4). V tabulce 2.1 je uvedený zoznam pozorovaných bodov s prevažovanými výškami h [3].

Tab. 1 Zoznam pozorovaných bodov s prevažovanými výškami

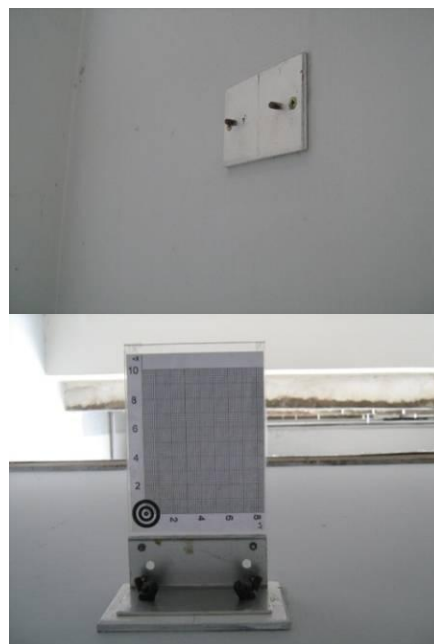
Pozorovaný bod	1	2	3	4	5	6
Prevažovaná výška h	4.450	8.520	12.330	16.260	20.180	23.740

2.4 Spracovanie nameraných údajov

Na každom so šiestich bodov boli vykonané tri série meraní ($m=3$), kde každá séria sa skladá s 10 opakovaní ($n=10$), pre oba prístroje [4].



Obr. 2 Rez stavebným objektom s vyznačením polohy pozorovaných bodov a polohy prístroja



Obr. 4 Kovová podložka na upevnenie cieľovej značky (hore) a cieľová značka s mriežkou $x-y$ (pohľad zdola)

Meranie každej série je hodnotené samostatne, rozdiely medzi $x_{j,I}$ a $x_{j,II}$ respektíve $y_{j,I}$ a $y_{j,II}$ sú hodnoty odchylok $x_j \square y_j$ (obr. 5), [4]:

$$\delta x_j = \frac{1}{2} \cdot (x_{j,I} - x_{j,II}) \quad \text{a} \quad \delta y_j = \frac{1}{2} \cdot (y_{j,I} - y_{j,II}), \quad (5)$$

kde $j=1, \dots, 10$.

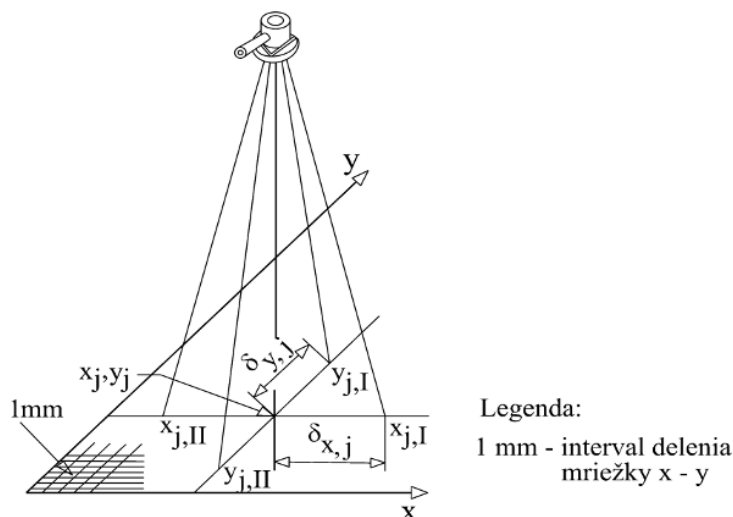
Ďalším krokom je výpočet kvázi – odčítaní x_j a y_j podľa vzťahu (6):

$$x_j = \frac{1}{2} \cdot (x_{j,I} + x_{j,II}) \quad \text{a} \quad y_j = \frac{1}{2} \cdot (y_{j,I} + y_{j,II}), \quad (6)$$

kde $j=1, \dots, 10$, x_j je stredná hodnota z meraní $x_{j,I}$ a $x_{j,II}$, y_j je stredná hodnota z meraní $y_{j,I}$ a $y_{j,II}$. Priemerné hodnoty kvázi – odčítaní sú vypočítané podľa vzťahu (7) a stredné hodnoty odchýlok podľa (8)

$$\bar{x} = \frac{1}{10} \cdot \sum_{j=1}^{10} x_j \quad \text{a} \quad \bar{y} = \frac{1}{10} \cdot \sum_{j=1}^{10} y_j, \quad (7)$$

$$\bar{\delta}x = \frac{1}{10} \cdot \sum_{j=1}^{10} \delta x_j \quad \text{a} \quad \bar{\delta}y = \frac{1}{10} \cdot \sum_{j=1}^{10} \delta y_j. \quad (8)$$



Obr. 5 Znáznorenie spôsobu odčítania jednotlivých polôh

Z priemerných hodnôt kvázi – hodnôt sa vypočítajú opravy $r_{x,j}$ a $r_{y,j}$:

$$r_{x,j} = \bar{x} - x_j \quad \text{a} \quad r_{y,j} = \bar{y} - y_j. \quad (9)$$

Výsledné súčty opráv v jednotlivých osiach x a y budú mať tvar:

$$\sum r_{x,i}^2 = \sum_{j=1}^{10} r_{x,i,j}^2 \quad \text{a} \quad \sum r_{y,i}^2 = \sum_{j=1}^{10} r_{y,i,j}^2 \quad (10)$$

kde $\sum r_{x,i}^2$ je súčet štvorcov rezíduí v smere osi x , $\sum r_{y,i}^2$ je súčet rezíduí v smere osi y . Celkový súčet štvorcov rezíduí $\sum r_i^2$ bude mať tvar:

$$\sum r_i^2 = \sum r_{x,i}^2 + \sum r_{y,i}^2. \quad (11)$$

Výpočet empirických štandardných odchýlok prenášaného bodu pre jednotlivé zložky x a y pre danú prevažovanú výšku:

$$s_{x,i} = \sqrt{\frac{\sum r_{x,i}^2}{v_{x,i}}} \quad \text{a} \quad s_{y,i} = \sqrt{\frac{\sum r_{y,i}^2}{v_{y,i}}}, \quad (12)$$

kde $v_{x,i}=v_{y,i}=10-1=9$ je počet stupňov voľnosti v x -ovej a y -ovej zložke. Empirickú štandardnú odchýlku prenášaného bodu získame zo vzťahu

$$s_i = \sqrt{\frac{\sum r_i^2}{v_i}}, \quad (13)$$

kde $v_i=20-2=18$ je počet stupňov voľnosti (počet nadbytočných meraní) pre obe polohy. Vzhľadom na obmedzený rozsah príspevku sú uvedené jednotlivé hodnoty empirických stredných odchýlok (i ostatné výsledky testovania) len pre prístroj č.1 - tab. 2 [3].

Tab. 2: Empirické štandardné odchýlky prístroja č.1

Prístroj č.1 : Zeiss PZL 100, v.č. 214 456								
Č. bodu			1	2	3	4	5	6
			s [mm]					
1. meranie	Séria	1	0.06	0.08	0.13	0.15	0.61	0.54
		2	0.05	0.08	0.11	0.14	0.81	0.57
		3	0.05	0.06	0.09	0.11	0.67	0.63
2. meranie	Séria	1	0.07	0.12	0.13	0.25	0.69	0.73
		2	0.07	0.14	0.13	0.27	0.84	0.79
		3	0.07	0.13	0.10	0.21	0.74	0.74

Kompletný počet stupňov voľnosti pre všetky série meraní sa vypočíta

$$v = \sum_{i=1}^3 v_i = 54. \quad (14)$$

Výsledná empirická štandardná odchýlka prenášaného bodu v oboch polohách prístroja má tvar, (vypočítaná zo všetkých troch sérií meraní):

$$s = \sqrt{\frac{\sum r_1^2 + \sum r_2^2 + \sum r_3^2}{v}}. \quad (15)$$

Pomernú presnosť vyjadríme v tvare:

$$s_{ISO-plumb} = \frac{s}{h} = 1 : \frac{h}{s}, \quad (16)$$

s je hodnota vypočítaná zo vzťahu (15), h je prevažovaná výška [4].
Odhadovaná odchýlka od zvislice sa môže vyjadriť v smere osi x a y samostatne zo všetkých sérii meraní a výsledná hodnota odchýlky je vyjadrená vzťahom (18):

$$\delta_x = \frac{\sum_{i=1}^3 \bar{\delta} x_i}{3} \quad \text{a} \quad \delta_y = \frac{\sum_{i=1}^3 \bar{\delta} y_i}{3}, \quad (17)$$

$$\delta = \sqrt{\delta_x^2 + \delta_y^2}. \quad (18)$$

Empirická stredná chyba odchýlky δ

$$s_\delta = s \left(\frac{1}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{10}} \right). \quad (19)$$

Tab. 3: Charakteristiky presnosti prístroja č.1

Prístroj č.1 : Zeiss PZL 100, v.č. 214 456												
bodu \curvearrowright	1. meranie						2. meranie					
	s	$s_{ISO-plumb}$	δ_x	δ_y	δ	s_δ	s	$s_{ISO-plumb}$	δ_x	δ_y	δ	s_δ
	mm]		mm]	mm]	mm]	mm]	mm]		mm]	mm]	mm]	mm]
1	0.05	1:82900	-0.03	-0.03	0.05	0.010	0.07	1:61100	-0.03	-0.02	0.04	0.013
2	0.08	1:112800	-0.06	-0.06	0.09	0.014	0.13	1:64900	-0.06	-0.08	0.10	0.024
3	0.11	1:112800	-0.11	-0.26	0.18	0.020	0.12	1:101200	-0.06	-0.10	0.12	0.022
4	0.14	1:118700	-0.26	-0.92	0.96	0.025	0.24	1:66500	-0.19	-0.60	0.63	0.045
5	0.70	1:28700	-0.20	-0.42	0.46	0.128	0.76	1:26600	-0.33	-0.51	0.60	0.139
6	0.58	1:4100	0.01	-0.23	0.23	0.106	0.76	1:31400	-0.35	-0.60	0.69	0.138

2.5 Štatistické testy

Pri hodnotení prístrojov je doporučené používať podľa STN ISO 17 123 štatistické testy [4]. Tieto poskytujú odpovede na štyri otázky, ktoré sú uvedené v tab.2.4. Pre tieto testy sa za hladinu významnosti uvažuje hodnota $\alpha = 0,05$.

Tab. 4: Štatistické testy

Otázka	Nulová hypotéza	Alternatívna hypotéza
a)	$s \leq \sigma$	$s > \sigma$
b)	$\tilde{\sigma} = \sigma$	$\tilde{\sigma} \neq \sigma$
c)	$\sigma_x = \sigma_y$	$\sigma_x \neq \sigma_y$
d)	$\delta = 0$	$\delta \neq 0$

Vypočítaná empirická štandardná odchýlka s je menšia alebo rovná ako jej prislúchajúca hodnota - daná výrobcom?

Patria dve empirické štandardné odchýlky s a \tilde{s} , určené z dvoch rôznych súborov do rovnakej oblasti predpokladajúc, že obe vzorky majú rovnakú prevažovanú výšku h a rovnaký počet stupňov voľnosti?

Hodnoty empirických štandardných odchýlok s a \tilde{s} môžu byť získané z: dvoch nezávislých súborov meraných údajov, realizovaných tým istým prístrojom ale rôznymi meračmi, dvoch súborov meraných údajov, rovnakým prístrojom, realizovaných v rôznych časových epochách, dvoch súborov meraných údajov, realizovaných rôznymi strojmi.

Ak je empirická štandardná odchýlka s_x x - ovej zložky, rovná empirickej štandardnej odchýlke s_y y - ovej zložky výsledku dosiahnutého prevažovania?

Je odchýlka $\delta = 0$? [4].

Otázka a)

Nulová hypotéza H_0 sa nezamieta ak je splnené:

$$s \leq \sigma \sqrt{\frac{\chi_{1-\alpha}^2}{\nu}}, \quad (20)$$

kde $\nu = 54$.

$$s \leq \sigma \sqrt{\frac{\chi_{0.95}^2(54)}{54}}, \quad (21)$$

$$\chi_{1-\alpha}^2(54) = 72,15, \quad (22)$$

$$s \leq \sigma \sqrt{\frac{72,15}{54}}, \quad (23)$$

$$s \leq \sigma \cdot 1,16. \quad (24)$$

Presnosť udávaná výrobcom pre prístroj Zeiss PZL 100 - $\sigma = 1: 100\ 000 = 0,0000100$, ak platí nasledujúci vzťah $s \leq 0,0000116$, tak sa nulová hypotéza nezamieta. Hodnota s je získaná s pomernej presnosti $s_{ISO-plumb}$ podľa vzťahu (16). V tab.2.5 sú hodnoty empirických štandardných odchýlok a výsledky štatistických testov pre prístroj č.1 [3].

Otázka b)

Nulová hypotéza H_0 sa nezamieta ak je splnená nasledujúca podmienka:

$$\frac{1}{F_{1-\alpha/2}(v_1, v_2)} \leq \frac{s^2}{\tilde{s}^2} \leq F_{1-\alpha/2}(v_1, v_2), \quad (25)$$

Tab. 5: Výsledky štatistických testov: Otázka a), prístroj č.1

Č. bodu	Prístroj č.1 : Zeiss PZL 100, v.č. 214 456			
	1. meranie		2. meranie	
	s	Výsledok štatistického testu	s	Výsledok štatistického testu
1	0.0000121	H_0 sa zamieta	0.0000164	H_0 sa zamieta
2	0.0000089	H_0 sa nezamieta	0.0000154	H_0 sa nezamieta
3	0.0000089	H_0 sa nezamieta	0.0000099	H_0 sa nezamieta
4	0.0000084	H_0 sa nezamieta	0.0000150	H_0 sa zamieta
5	0.0000348	H_0 sa zamieta	0.0000376	H_0 sa zamieta
6	0.0000244	H_0 sa zamieta	0.0000319	H_0 sa zamieta

$$\frac{1}{F_{1-\alpha/2}(54, 54)} \leq \frac{s^2}{\tilde{s}^2} \leq F_{0,975}(54, 54), \quad (26)$$

$$F_{0,975}(54, 54) = 1,71 \quad (27)$$

$$0,58 \leq \frac{s^2}{\tilde{s}^2} \leq 0,71. \quad (28)$$

Výsledky štatistických testov dvoch nezávislých súborov meraní získané rovnakým prístrojom sú uvedené tab. 6 [3].

Tab. 6: Výsledky štatistických testov: Otázka b)

Č. bodu	Prístroj č.1 : Zeiss PZL 100				Prístroj č.2 : Zeiss PZL 100			
	s^2	\tilde{s}^2	s^2 / \tilde{s}^2	Výsledok štatistického	s^2	\tilde{s}^2	s^2 / \tilde{s}^2	Výsledok štatistického
1	0.00	0.00	0.51	H_0 sa	0.01	0.01	0.44	H_0 sa zamietá
2	0.01	0.02	0.38	H_0 sa	0.01	0.01	1.00	H_0 sa nezamietá
3	0.01	0.01	0.84	H_0 sa	0.01	0.06	0.17	H_0 sa zamietá
4	0.02	0.06	0.34	H_0 sa	0.03	0.03	1.00	H_0 sa nezamietá
5	0.49	0.58	0.85	H_0 sa	0.12	0.38	0.30	H_0 sa zamietá
6	0.34	0.58	0.58	H_0 sa	0.41	0.23	1.78	H_0 sa zamietá

Otázka c)

Nulová hypotéza H_0 sa nezamietá ak je splnená nasledujúca podmienka [5]:

$$\frac{1}{F_{1-\alpha/2}(v_x, v_y)} \leq \frac{s_x^2}{s_y^2} \leq F_{1-\alpha/2}(v_x, v_y), \quad (29)$$

kde $v_x = v_y = 54$.

$$\frac{1}{F_{0,975}(27, 27)} \leq \frac{s_x^2}{s_y^2} \leq F_{0,975}(27, 27), \quad (30)$$

$$F_{0,975}(27, 27) = 2,16, \quad (31)$$

$$0,46 \leq \frac{s_x^2}{s_y^2} \leq 2,16. \quad (32)$$

Výsledky štatistických testov porovnaním s_x x - ovej zložky a s_y y - ovej zložky získané rovnakým prístrojom sú uvedené tab. 7 [3].

Otázka d)

Nulová hypotéza H_0 sa nezamietá ak je splnená nasledujúca podmienka [5]:

$$|\delta| \leq \sigma \cdot t_{1-\alpha/2}(v), \quad (33)$$

$$|\delta| \leq \sigma \cdot t_{0,975}(54), \quad (34)$$

$$t_{0,975}(54) = 2,00, \quad (35)$$

$$\sigma_\delta = \frac{s}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{10}}, \quad (36)$$

$$|\delta| \leq \frac{s}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{10}} \cdot 2,00, \quad (37)$$

$$|\delta| \leq s \cdot 0,37. \quad (38)$$

Tab. 7: Výsledky štatistických testov: Otázka c), prístroj č.1

Č. bodu	Prístroj č.1 : Zeiss PZL 100, v.č. 214 456							
	1. meranie				2. meranie			
	s_x^2	s_y^2	s_x^2 / s_y^2	Výsledok štatistického	s_x^2	s_y^2	s_x^2 / s_y^2	Výsledok štatistického
1	0.004	0.002	1.661	H_0 sa	0.005	0.006	0.818	H_0 sa
2	0.006	0.005	1.310	H_0 sa	0.014	0.020	0.707	H_0 sa
3	0.011	0.013	0.802	H_0 sa	0.014	0.015	0.944	H_0 sa
4	0.017	0.021	0.815	H_0 sa	0.042	0.089	0.475	H_0 sa
5	0.342	0.645	0.531	H_0 sa	0.413	0.740	0.558	H_0 sa
6	0.166	0.507	0.327	H_0 sa	0.425	0.721	0.589	H_0 sa

Výsledky štatistických testov otázky d), t.j či odchýlka zámery sa δ nerovná nule je uvedené tab. 2.8 [3].

Tab. 8: Výsledky štatistických testov: Otázka d), prístroj č.1

Č. bodu	Prístroj č.1 : Zeiss PZL 100, v.č. 214 456							
	1. meranie				2. meranie			
	δ	\leq	$s \cdot 0,37$	Výsledok štatistického	δ	\leq	$s \cdot 0,37$	Výsledok štatistického
1	0,05	>	0,004	H_0 sa zamieta	0,04	>	0,005	H_0 sa zamieta
2	0,09	>	0,005	H_0 sa zamieta	0,10	>	0,009	H_0 sa zamieta
3	0,31	>	0,007	H_0 sa zamieta	0,12	>	0,008	H_0 sa zamieta
4	0,96	>	0,009	H_0 sa zamieta	0,63	>	0,017	H_0 sa zamieta
5	0,46	>	0,047	H_0 sa zamieta	0,60	>	0,051	H_0 sa zamieta
6	0,23	>	0,39	H_0 sa zamieta	0,69	>	0,050	H_0 sa zamieta

3. Záver

Výsledkom testovania optického prevažovača Zeiss PZL 100 je empirická štandardná odchýlka určenia polohy bodu. Na základe štatistických testov uvedených v tejto časti normy je možné konštatovať či prístroj vyhovuje norme, alebo je potrebná jeho oprava - rektifikácia.

Z testovania vyplýva, že empirická štandardná odchýlka priamo úmerne narastá s prevažovanou výškou, pri väčšom prevýšení je meranie

zatážené aj chybou, ktorá závisí od veľkosti použitej mriežky (rastra). Ak porovnáme vypočítané empirické štandardné odchýlky získané z experimentálnych meraní s hodnotami udávanými výrobcom možno konštatovať, že prístroj vyhovuje norme do prevažovanej výšky 16 m. Odpovede na ostatné otázky štatistických testov sú v časti 2.5.

Kontrola, overovanie a testovanie geodetických prístrojov a pomôcok sa stavajú nevyhnutnou súčasťou každej geodetickej práce na stavenisku. Technické normy napriek svojej nezáväznosti stanovujú kritéria a požiadavky kladené aj na túto geodetickú činnosť. Nezáväznosť noriem neznamená ich neplatnosť, ale normy umožňujú efektívne určiť kvalitu a spoľahlivosť používaného prístroja a jeho doplnkov.

Literatura

[1] Ježko, J.: Testovanie a kalibrácia geodetických prístrojov z pohľadu technických noriem. In.: Interdisciplinárne aplikácie geodézie, inžinierskej geodézie a fotogrametrie. Bratislava, Katedra geodézie SvF STU, 2008, 10 s., (CD ROM) ISBN 978-80-227-2938-3.

[2] MICHALČÁK, O. a kol.: Inžinierska geodézia II. Alfa - SNTL, Bratislava 1990, s. 357.

[3] BUJŇÁK, L.: Testovanie geodetických prístrojov podľa STN ISO 17123. Diplomová práca. Katedra geodézie SvF STU Bratislava 2012, 55s.

[4] STN ISO 17123-7: 2010 Optika a optické prístroje - Postupy na testovanie geodetických prístrojov. 7. časť: Optické prevažovacie prístroje.

Kontakt

Ing. Ján Ježko, PhD., Katedra geodézie, Stavebná fakulta, Slovenská technická univerzita v Bratislave, Radlinského 11, 813 68 Bratislava, tel.: 02/59274 338, e-mail: jan.jezko@stuba.sk

JE KONDENZACE NA VÝPLNÍCH OTVORŮ NEKVALITA? ANO ČI NE?

DOES CONDENSATION ON OPENING PANES MEAN POOR QUALITY? YES OR NO?

Jan Klečka

Metrostav a.s.

Anotace:

Po 35 letech vypadl ze závazné normy požadavek na nejnižší vnitřní povrchovou teplotu na výplních otvorů. Zhotovitelé tuto změnu pravděpodobně uvítají, neboť budou moci reklamace týkající se tohoto problému odmítat. Je však správné takto uvažovat a vědomě snižovat kvalitu staveb?

Annotation:

After 35 years the requirement for the lowest internal surface temperature of opening panes was left out from the obligatory standard. The makers will probably like this change because they will be able to reject the complaints related to this problem. However, is it correct to think like this and intentionally degrade the quality of the buildings?

Klíčová slova: kondenzace, výplň otvoru, teplotní faktor vnitřního povrchu

Keywords: condensation, opening pane, temperature factor at internal surface

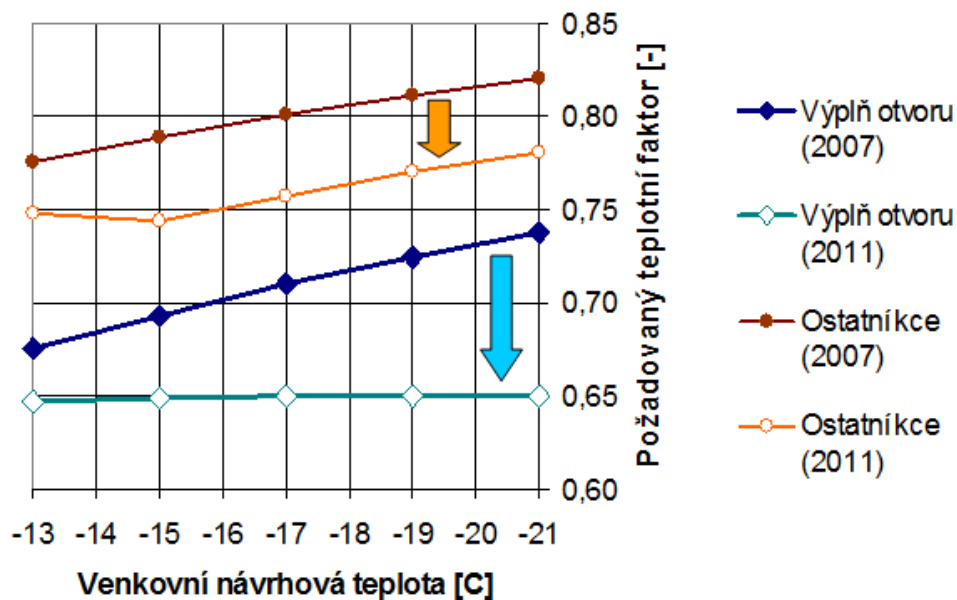
1. Úvodem

Historie tepelně-technických požadavků v České republice vznikla už v roce 1977, kde byla vydána první norma řady ČSN 73 0540. Již od této se hodnotí na vnitřním povrchu jeho nejnižší teplota. Tento požadavek po celý 35 let byl požadován jak na stavební konstrukce, tak i na výplně otvorů (okna, dveře a lehké obvodové pláště). Tento stav se změnil 1.5.2012, kdy byla vydána rozporuplná změna Z1 [2].

2. Proč tato změna byla vydána

Důvody je nutné začít hledat už 90. let minulého století, kdy se Česká republika zavázala, že bude přebírat evropské harmonizované technické normy do svého systému. Do té doby zdánliví klid přísného požadavku na vyloučení kondenzace na vnitřním povrchu výplní otvorů se zvyšující se znalostí problematiky a zvyšujícím se požadavkem na nižší energetickou náročnost budov a vyšší kvalitu začal stávat celospolečenským problémem. Definitivní zlom nastal vydáním evropských norem výrobků na okna a dveře (ČSN EN 14351) a na lehké obvodové pláště (ČSN EN 13830) a jejich harmonizací. Díky tomu dostali dodavatelé výplní otvorů nástroje, kterými začali vyvíjet tlak na normotvůrce, aby požadavek na povrchovou teplotu zrušili. Pro zvýšení tlaku vznikla v roce 2008 Česká komora lehkých obvodových pláštů, která stále častěji zasahovali do návrhu nové normy. V roce 2010 se jim podařilo vyměnit hlavní tvůrce normy v TNK 43 a nepřímo přinutit tvůrce ke snížení požadavků na výplně otvorů. Výsledek je zřejmý v normě ČSN 73 0540-2 platné od listopadu 2011.

Ani tento ústupek nebyl dostačující, a proto byl ze strany ČKLOP zpracován právní posudek, který ve smyslu evropské směrnice Rady 89/106/EHS rozporoval oprávněnost normy nad rámec evropské harmonizované normy stanovovat další požadavek na výplně otvorů. Tento právní posudek, který byl předán na ministerstvo průmyslu a obchodu vyvolal dvě zásadní změny. První nenápadná změna bylo vydání novely vyhlášky č. 20/2012 Sb., která změnila vyhlášku č. 268/2009 Sb. a zrušila tak legislativní požadavek na povrchovou teplotu výplní otvorů. Další a zatím poslední krok bylo vydání změny Z1 z dubna 2012 k normě ČSN 73 0540-2, která požadavek mění na doporučení a přesouvá jej do přílohy informativní.



Obrázek 1.: Změny požadavků na teplotní faktor v letech 2007 a 2011

3. Jaký je stávající stav

V této době stále realizujeme stavby, pro které platí požadavky předchozích norem. Bohužel se ve většině projektů potýkáme se stálým podceňováním této problematiky ze strany generálního projektanta. Této situaci totiž nahrávají jiné legislativní předpisy a to konkrétně vyhláška č. 499/2006 Sb., o dokumentaci staveb. Ta totiž požaduje ve stupni dokumentace pro stavební povolení provedení všech výpočtů (kam tepelně-technický spadá) a navíc skrze průkaz energetické náročnosti je tento požadavek také vznesen. Problém je, že tato vyhláška neříká, že mají být zpracovány detaily. Bez zkreslených detailů tedy nelze spočítat požadavek na teplotní faktor a nelze tedy ani stavbu posoudit. Do projektu se tedy napíše, že je vše splněno, ale průkazný výpočet, který nikdo v této fázi nehledá ani nevznikne.

Když projekt přejde do dalšího stupně, tj. do dokumentace pro provádění stavby, tak sice již dle vyhlášky detaily mají být, ale generální projektant se už většinou brání něco prokazovat, protože nato nemá rozpočet a nemá to za povinnost dle uvedené vyhlášky. Navíc ne vždy zná konkrétní výrobky. Dodavatel výrobku zase oplácí, že to není jeho věc splnění požadavku prokazovat a věc se tak dostává do slepé uličky.

Podíváme-li se na problém dle aktuálně platné normové úpravy z pohledu výplní otvorů, tak nám výše popsaná problematika odpadá, ovšem požadavek na povrchovou teplotu stavebních konstrukcí zůstává. Zůstává zde však nezodpovězená otázka, zda přípustnost povrchové kondenzace na výplni otvorů na nás nebude reklamována skrze jiné právní úpravy. Dle našeho názoru se obáváme, že nesplníme základní požadavek na ochranu zdraví osob a zvířat a zdravích životních podmínek. Ze zkušeností víme, že pravidelná kondenzace na hraně zasklení a rámu okna sebou nese následný vznik plísní na těsnění a případně i rámu okna.



Obrázek 2.: Kondenzace na zasklení a plíseň na rámu okna

4. Co nato zákazník

Z interních statistik firmy vyplývá, že výplně otvorů patří dlouhodobě k nejvíce reklamovaným konstrukcím vůbec. Velkou měrou se sice na této hodnotě podílí vady seřízení apod., ale vady způsobené projevem stavebně-fyzikálním, pak povrchová kondenzace patří, tvoří skoro 25%. Dnes zákazníci jsou velmi často vybaveni domácími meteostanicemi, které jim ukazují, jakou mají vnitřní teplotu a vlhkost, ale nebojí se si objednat specialistu s termovizní kamerou, který jim jejich podezření často potvrdí.

5. Jak udržet nastavenou kvalitu

Této problematice se ve firmě věnujeme již více než 5 let. Za tu dobu jsme vytvořili několik nástrojů, aby se vady způsobené nekvalitou spojenou s výplněmi otvorů minimalizovali.

Na úvod věnujeme důslednou kontrolu předávané projektové dokumentace nejen z pohledu tepelně-technického a učíme naše lidi, ale i projektanty správně definovat všechny požadavky na výplně otvorů v projektu a to včetně provedení kritických detailů. Od dodavatelů požadujeme a budeme i nadále požadovat splnění požadavků na povrchovou teplotu za správně určených okrajových podmínek.

Pro podporu a lepší argumentaci při vyjednávání pracujeme se softwary Svoboda software na vyhodnocování povrchové teploty ve 2D a 3D modelech a hlavně pro lepší zpětnou vazbu a kontrolu provádění subdodavatelů máme zakoupenou termovizní kameru.



Obrázek 3.: Měření výplně otvoru termovizní kamerou

6. Závěr

Úpravu normy, která zrušila požadavek na nejnižší vnitřní povrchovou teplotu na výplních otvorů, považujeme jako krok k horší kvalitě zabudovávaných výplní otvorů a budeme se snažit nadále přesvědčovat projektanty, aby požadavkem na jejich projektu zůstal a důsledněji přenášet tento požadavek na dodavatele a výrobce výplní otvorů.

Literatura

- [1] ČSN 73 0540-2: 2011, Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky, Praha, ÚNMZ, 2011
- [2] ČSN 73 0540-2 Z1: 2012, Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky Změna Z1, Praha, ÚNMZ, 2012
- [3] Vyhláška č. 268/2009 Sb., o technických požadavcích na stavby, ve znění vyhlášky č. 20/2012 Sb.
- [4] SLANINA, P.: Nejnižší povrchová teplota výplní otvorů. In Časopis Stavebnictví 06-07/12. Praha, Expo data. p. 28 -34.
- [5] ŠNAJDR, R., VÁPENÍKOVÁ, O.: Důvody pro změnu normy ČSN 73 0540-2. ČKLOP. Praha 23.4.2012.

Kontakt

Ing. Jan Klečka, tel: 00420 266 709 108, e-mail: jan.klecka@metrostav.cz, Útvar technologií a materiálů, Metrostav a.s., Koželužská 2246, 180 00 Praha.

QUALITÄT DER BAUMATERIALIEN, FAKTOREN, ANFORDERUNGEN AN IHRE EIGENSCHAFTEN UND IHREN EINFLUSS AUF DIE LEBENSDAUER, DEN LEBENSZYKLUS UND DIE HALTBARKEIT

QUALITY BUILDING MATERIALS FACTORS REQUI-REMENTS FOR PROPERTIES AND THEIR EFFECT ON LIFE, LIFE STYLE AND DURATIBILITY

Miriam Ledererová

STU Stavebná fakulta

Anotácia

Jedes Bauwerk - die Immobilie ist ein Komplex von verschiedenen Baumaterialien, die ein Ganzes bilden, ihr Leben haben und in gegenseitiger Beziehung stehen. Die Qualität und die verwendeten Materialien können sowohl positiven als auch negativen Einfluss auf den endgültigen Hochbau als Ganzes in Bezug auf Haltbarkeit, Lebensdauer und Dauerhaftigkeit ausüben.

Anotácia

Každý stavebný objekt - nehnuteľnosť je komplexom rôznych stavebných materiálov ktoré vytvárajú celok, majú svoju životnosť a sú vo vzájomnej väzbe. Kvalita a použité materiály môžu pozitívne ale aj negatívne vplývať na výslednú stavebnú konštrukciu ako celok z hľadiska životnosti, životného cyklu a trvanlivosti.

Schlüsselwörter: Baustoffe, Eigenschaften, Qualität, Anforderungen an Eigenschaften der Materialien, Lebensdauer.

Kľúčové slová: stavebné materiály, vlastnosti, kvalita, požiadavky na vlastnosti materiálov, životnosť.

1. Einleitung

Die Bauentwicklung brachte die Verwendung der neuen Baustoffe, Erzeugnisse und Konstruktionssysteme mit sich. Die Benutzung neuer Materialien bringt nach bestimmter Zeit neue Kenntnisse über die Ausnutzung der Baustoffe. Die Qualität bedeutet im allgemein die Fähigkeit der Erzeugnisse oder der Objekte die verlangten Funktionen zu erfüllen.

Die Qualität des Lebens gehört bei der Wertordnung zu den höchsten Prioritäten des Menschen. Die Lebensqualität ist eine mehrdimensionale Kategorie und ihre Erfüllung ist Aufgabe für die ganze Gesellschaft, von der Regierung an, über Staatsverwaltung, Selbstverwaltung, Firmen, bis zu jedem Menschen. Jeder von ihnen hat eigene Ziele, Träume und Sehnsüchte, aber auch Aufgaben und Verpflichtungen. Vom Umweltschutzstandpunkt aus dürfen die Bauprodukte keine Stoffe beinhalten, die einen negativen Einfluss auf die Gesundheit der Leute haben. Die Innovation der Bauprodukte führt zur Erfüllung nicht nur der heutigen, sondern auch der zukünftigen Anforderungen der Abnehmer und zur Gewährleistung der durch die Legislative festgelegten Parameter (Gruppe der durch die Richtlinie Num. 89/106/EEC definierten Eigenschaften und die auch im Gesetz über die Bauprodukte angeführt werden). Alle Baumaterialien müssen neben den normativen technischen Anforderungen auch die normativen ökologischen Anforderungen erfüllen (natürliche Radioaktivität, Schadstoffemissionen in die Umwelt usw.). Laut Gesetz NR SR Num. 90/1988 der Gesetzsammlung laut der späteren Vorschriften müssen alle auf den Markt gebrachten und im Bauwesen benutzten Bauprodukte den Beweis über den Erweis des Einvernehmens haben. Der Bau darf nicht kollaudiert und in Betrieb gesetzt werden, falls solche Anforderung nicht bewiesen wurde [1].

2. Baustoffe

Für die Bauprodukte gilt die Richtlinie Num. 89/106/EEC, die die sechs Grundanforderungen an die Bauwerke und Bauprodukte anführt, die den Bestandteil des Baugesetzes bilden (§ 43d Gesetz Num. 50/1976 Sammlung laut der späteren Vorschriften). Laut der Richtlinie muss das Bauwerk die ganze Zeit den Grundanforderungen an Bauwerke entsprechen, die die allgemeinen Niveau – und Standardbedingungen eines Bauwerkes darstellen:

▪ **Mechanische Widerstandsfähigkeit und Stabilität**

Das Bauwerk muss so vorgeschlagen und gebaut werden, dass die im Verlauf der ganzen Bauzeit und seiner Benutzung einwirkenden Einflüsse außer anderem keinen Absturz des ganzen Bauwerkes oder eines Bauwerksteils verursachen

▪ **Brandschutz**

Aus dem Standpunkt des Brandschutzes muss das Bauwerk auf solche Art und Weise vorgeschlagen und gebaut werden, dass beim Brand außer anderem die Tragfähigkeit und Standfestigkeit der Tragkonstruktion des Bauwerkes für bestimmte Zeit erhalten bleibt und dass man die Feuerentstehung und Flammen – und Rauchausbreitung vom Brandherd im Bauwerk beschränkt.

▪ **Hygiene und Gesundheit – und Umweltschutz**

Aus dem Standpunkt der Hygiene und des Gesundheit – und Umweltschutzes muss das Bauwerk so vorgeschlagen und gebaut werden, dass es die enviromentale Eignung und Sicherheit erfüllt und die Hygiene und Gesundheit der Benutzer und ihrer Nachbarn nicht bedroht.

▪ **Sicherheit des Bauwerkes bei seinem Benutzen**

Aus dem Standpunkt der Sicherheit des Bauwerkes bei seinem Benutzen einschließlich des Betriebs muss das Bauwerk so vorgeschlagen und gebaut werden, dass durch das Ausrutschen, den Sturz, den Anstoß, die Verbrennung, die Verbrühung, den Stromeinschlag, den Ausbruch, das fahrende Fahrzeug oder den Absturz eines Bauwerkteiles keine unzulässige Gefahr entsteht.

▪ **Lärmschutz und Sicherheit vor den Schwingungen**

Das Bauwerk muss auf solche Art und Weise vorgeschlagen und gebaut werden, dass der Lärm und die Schwingungen, die auf die Hausbewohner oder auf die sich in der Nähe befindenden Personen einwirken, die Ebene nicht überschreiten, die ihre Gesundheit bedrohen könnte, sondern guten Schlaf und das Ausruhen ermöglicht und die entsprechenden Arbeitsbedingungen schafft.

▪ **Energiewirtschaftlichkeit und Hauswärmeschutz**

Die Bauwerke zur Beheizung, Lüftung, Warmwasservorbereitung, zum Abkühlen, und zur Klimatisierung müssen so vorgeschlagen und gebaut werden, dass die zu ihrem Betrieb verbrauchte Energiemenge möglichst klein ist und dass sie den Bedarf nicht überschreiten, der den klimatischen Bedingungen, der Standortfestlegung und den Anforderungen der Hausbewohner entspricht.

Aus dem Standpunkt der Philosophie der dauerhaft erhaltbaren Entwicklung ist es nötig aufmerksam zu machen, dass in der

Revisionskonzeption der Richtlinie über die Bauprodukte 89/106EHS im allgemeinen Teil, bei den Definitionen der Grundanforderungen an die Bauwerke (Beilage I) zu den ursprünglichen sechs Anforderungen noch die siebte als Grundanforderung Num. 7 zugeordnet wurde.

▪ **Dauerhaft erhaltbare Ausnutzung der Naturquellen**

Die Bauwerke müssen so vorgeschlagen, gebaut und abgebrochen werden, dass die Ausnutzung der Naturquellen dauerhaft erhaltbar bleibt und dass die Wiederverwertungsfähigkeit der Bauwerke, der Baustoffe und der Abbruchteile, die Verwendung der ökologischen Rohstoffe und der Sekundärmaterialien bei den Bauwerken gewährleistet wird.

3. Lebensdauerzyklus des Bauwerkes

Der Lebensdauerzyklus des Bauwerkes ist die Zeitetappe vom Beginn der Realisierung, über ihre Abgabe zum Gebrauch und ihre Nutzung bis zum Ablauf der Nutzungsdauer, bzw. bis zu ihrer Assanierung. Unter dem Begriff die Lebensdauer versteht man die Zeit, in der die Beschaffenheit des Bauwerkes auf der mit der Erfüllung der Grundanforderungen kompatiblen Ebene erhalten bleibt. Anders gesagt, es geht um die Zeitetappe von Inbetriebnahme des Bauwerkes bis zu dem Zustand, in dem die verlangte Beschaffenheit unter das akzeptable Minimum absenkt. (Abb.1.)

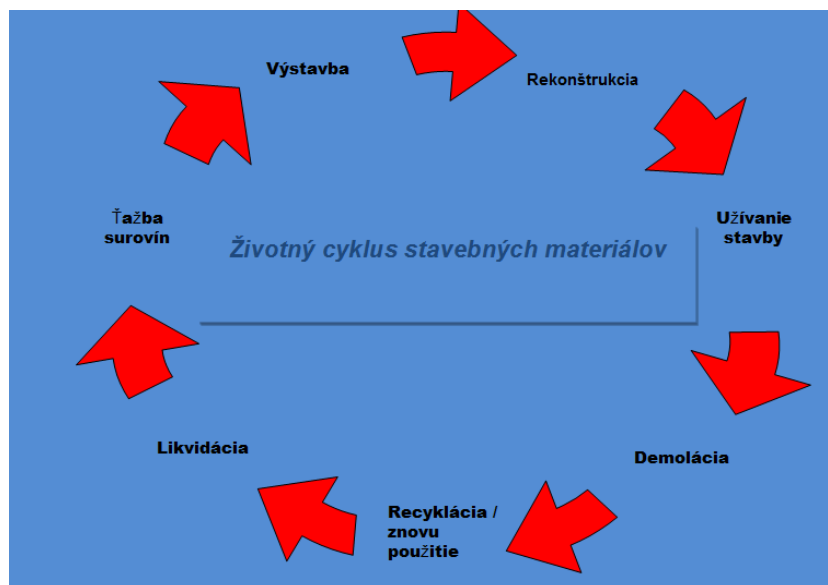


Abb.1. Lebensdauerzyklus des Baumaterials

Die Lebensdauer der Bauwerke wird im allgemein schon während der Planung bestimmt. Sie wird als Entwurfslebensdauer bezeichnet, die man beim Erhalten der Bedingungen der reichlichen und regelmäßigen Instandhaltung erreichen sollte (Tab 1). Es gibt auch andere Lebensdauerarten. [3].

Ökonomische Lebensdauer stellt die Zeit von der Entstehung des Bauwerkes bis zu seinem wirtschaftlichen Verfall dar. Sie wird auf Grund der Kennzahl des Quotienten vom Additiven der Anlagekosten und der Betriebskosten in der Zeiteinheit bestimmt. Für das Ende der ökonomischen Lebensdauer kann man auch den Fall halten, wenn die Gewährleistung der Zielerfüllung aufwändiger wäre, als der Aufbau eines neuen Objektes.

Die Morallebensdauer geht vom Grad der Zweckerfüllung aus und man kann sie nicht vorher bestimmen. Das Erreichen der Morallebensdauer wird durch den Umbau gelöst, der die Folge des technischen Fortschritts, der Entwicklung des ästhetischen Denkens und Fühlens, der Veränderungen der Einstellungen der Menschen usw. darstellt.

Die Konstruktionen, die mit Ziel der Wiederverwendung abbaubar sind, hält man nicht für zeitlich begrenzt. [2].

Tab. 1 Entwurfslebensdauer der Bauten (2)

Kategorie der vorgeschlagenen Lebensdauer	Vorgeschlagene Entwurfslebensdauer (Jahre)	Konstruktionsart
1	10	zeitlich begrenzte Konstruktionen
2	10 až 25	austauschbare Konstruktionsteile
3	15 až 30	Landwirtschaftliche Konstruktionen
4	50	Hochbauten , übliche Konstruktionen
5	100	Massive Hochbauten, Brücken, Ingenieurbauten

Die Lebensdauer eines Bauwerkes beliebiger Art stellt den Kernparameter zum Erreichen des haltbaren Aufbaus dar. Im Falle der monumentalen Hochbauten oder der Ingenieurbauten verbleibt das Interesse um das Erreichen möglichst langer Lebensdauer. Diese Bauwerke unterliegen der Moralalterung nicht so schnell, wie die Gemeinschaftsbauten. Dabei verkürzt sich deutlich mit der Entwicklung der Gesellschaft die Lebensdauer der Gemeinschaftsbauten. Beim Bemühen um eine ökonomisch effektive Herstellung der Materialien passt sich diesem Trend auch die Lebensdauer

der Baumaterialien an. Das wirkt auf die gesamte Lebensdauer der Bauwerke. Gewöhnlich ist die Moralalterung entscheidend und das Gebäude oder das Bauwerk schafft es nicht, seine Entwurfslebensdauer zu erreichen. Noch vorher wird es assaniert und durch neue ersetzt, was sich aus der schon erwähnten intensiven Entwicklung der Gesellschaft und des technischen Fortschritts ergibt. Man muss sich aber dessen bewusst werden, dass jeder neue Aufbau für die Umwelt bestimmte Belastung mit sich bringt. Es ist wichtig vor allem die Baubehandlung auf solche Art und Weise durchzuführen, dass die Endqualität die Lebensdauer des Bauwerkes nicht herabsetzt (Beispiele Abb. 2, 3,).

Jedes Bauwerk ist einzigartig und die Risikofaktoren aus dem Gesichtspunkt der Entstehung der Schäden stellen neue Materialien und Konstruktionen, schlechtes Wetter, eventuell unpassende örtliche Gegebenheiten dar. Zu den entscheidenden Ursachen der Wahl eines Arbeitslieferanten von schlechter Qualität gehört oft Zeitmangel für eine Ausarbeitung der Projektdokumentation von guter Qualität und die beschränkten Finanzmittel. Falls sich diese Faktoren anhäufen, können wir mit höchster Wahrscheinlichkeit die Entstehung der Schäden voraussagen a das nicht nur in der Oberflächenbehandlung [3].



Abb. 2,3

4. Bauprodukte und ihr Einfluss auf Lebensqualität

Die Erhöhung der Ansprüche an die Qualität und die Lebensdauer des Bauwerkes führt zu den erhöhten Ansprüchen an die Qualität der benutzten Materialien und auch an die damit zusammenhängende

Arbeiten. Die Auswahl des Baumaterials für die Benutzung in der Baukonstruktion ist ein wichtiger Moment in der Bautätigkeit.

Bei der Beurteilung der Beschaffenheit der Baumaterialien und ihres Einflusses auf die Lebensdauer orientieren wir uns auf einige Gebiete und die alternativen Materialien wählen wir in der Regel deswegen, da sie bessere Parameter haben, als die konventionellen Materialien [4].

- Materialursprung,
- Energetische Ansprüche des Materials,
- Realen Aufwand,
- Betriebseffektivität,
- Wiederherstellung des Materials,
- Hygienische Unschädlichkeit,
- Unterstützung des optimalen Mikroklimas,
- Sicherheit der Materialien,
- Emotive Eigenschaften.

Neben dem Material selbst könnten wir auch die Art und Weise beachten, wie es benutzt wird, also die Technologie in der Architektur, wie die Instandhaltung während der ganzen Lebensdauer usw. Es sind Tätigkeiten (Verfahren, Prozesse), die die Bauten bilden (die mit den Materialien eng verbundenen Bautechnologien), die den Betrieb des Gebäudes während der ganzen Zeit der Lebensdauer gewährleisten. Das alles umfasst der Begriff *life cycle management* [4].

5. Schlussfolgerung

Nach gründlicher Berücksichtigung der an die Baumaterialien und Bauteile gestellten Anforderungen wird es deutlich, dass es praktisch kein ideales Baumaterial gibt, welches alle erwähnten Anforderungen bis ins Detail erfüllen würde. Bei der Auswahl der Materialien und Materialteilen, die das Gebäude bilden werden solche bevorzugt, die fähig sind, mit ihren Materialeigenschaften die bestimmten Funktionen zu erfüllen. Jedes Material ist jedoch in der Lage nur eine begrenzte Skala von Funktionen zu erfüllen, zum Beispiel festes Material mit hoher Rohwichte (Betonblocksteine, Ziegelblöcke) haben die Funktion der Tragkonstruktion, infolge einer hohen Wärmeleitfähigkeit haben sie aber niedrige Wärmedämmcharakteristik [5].

Jedes Material hat seine Vor- und Nachteile und die Voraussetzung des Aufbaus eines Bauwerks von verlangter Qualität ist eine zielbewusste Materialwahl in Abhängigkeit von der Eignung oder Nichteignung ihrer konkreten Anwendung. Die angeführte Regel gilt auch

bei der Wahl der für konkrete Aufgabe bestimmten Erzeugnisse, zum Beispiel für die Wärmedämmung. Vom ökologischen Gesichtspunkt aus sollte man den Dämmstoff mit minimalen energetischen Ansprüchen und möglichenfalls aus den örtlichen erneuerbaren Quellen bevorzugen. Diese Kriterien erfüllen zum Beispiel Wärmedämmstoffe auf Basis der Recycling – Zellulose, der Holzfaser, des Flachses, der Schafwolle usw. wobei keine Probleme auch mit ihrem Recycling später entstehen. Es wird also empfohlen, solche Konstruktionslösungen der Bauwerke zu suchen, die die Anwendung solcher Materialien ermöglichen und das Benutzen der ökologisch problematischen Materialien meiden. Außerdem ist auch ihr Recycling fraglich. Über ihr Benutzen soll man jedoch auch bei den mit der Feuchtigkeit belasteten Bauwerksteilen (falls andere, mehr geeignete Materialien nicht entwickelt werden). Heute ist auf Grund einer langzeitigen Entwicklung und der Erfahrungen (vor allem im Ausland) eine genügend breite Skala von Materialien und Erzeugnissen auf dem Markt, mit deren Gebrauch man vom baulich - ökologischen Gesichtspunkt ein ideales Haus bauen kann, also ein im vollsten Sinne des Wortes ökologisches Haus. [5]

Literatur

- [1] ĎURICA, T., Trvalo udržateľný rozvoj a trvalo udržateľná výstavba. Stavebné hmoty, č.2/2005, Košice, 2005, ISSN 1336-6041, s. 10-14
- [2] BRIATKA P., MAKÝŠ, P.: Betón ruka v ruke s princípmi udržateľnosti, ASB, 07/2012
- [3] PROKOPČÁKOVÁ, K.: Vplyv poškodenia objektu na jeho životnosť a cenu. In TECHSTA 2004.Technologie pro udržateľný rozvoj regionů. Průmyslové podlahy: 4.medzinárodná konferencia./Praha,18.-20.2.2004. Praha: ČVUT v Praze, 2004, s. 160--164. ISBN 80-01-02 916-6.
- [4] PIFKO H., Alternatívne stavebné materiály a technológie. Život. Prostr., Vol. 38, No. 4, 2004.
- [5] NAGY, E: Výber ekologického stavebného materiálu, Môj dom, Bratislava, 06/2008

Kontakt

Ing. MIRIAM LEDEREROVA, PhD., tel: +421 2 59274521, e-mail: miriam.ledereroва@stuba.sk, Katedra materiálového inžinierstva, STU Stavebná fakulta Bratislava, Radlinského 11, 813 68 Bratislava.

VÝZNAM KVALITY ZKUŠEBNÍCH VZORKŮ A POSTUPŮ

SIGNIFICANCE OF QUALITY OF TESTING SAMPLES AND METHODS

Vojtěch Menci¹, Eva M. Foose²

¹ VŠB – TU Ostrava, Fakulta stavební

² EM Solutions LLC, KY, USA

Anotace:

Význam stavebního zkušebnictví roste úměrně s novými požadavky na stavby. Je tedy prvořadým úkolem zlepšovat kvalitu procesů měření materiálů, dílců a konstrukcí při využití současných možností výpočetní techniky a automatizace.

Annotation:

The importance of material testing is increasing with new requirements for structures. The priority is to improve quality of measurement process of materials, building parts and structures and utilize modern computing capabilities and automatization.

Klíčová slova: stavební zkušebnictví, kvalita procesů, procesy měření

Keywords: material testing, process quality, process measurements

1. Úvod

S růstem požadavků na stavební konstrukce zákonitě vznikají vyšší nároky na kvalitu postupů stavebního zkušebnictví. Promyšlené systémy ověřování kvality stavebních výrobků je třeba doplnit o postupy ověřování kvality stavebních technologií a výběrových souborů vzorků. K tomu lze využít metody výpočetní techniky, metrologie a automatizace. Není např. dostatečně rozvíjena automatizace zkušebních postupů. Cílem článku je upozornit na současné možnosti zvýšení přínosu stavebního zkušebnictví k navrhování, výstavbě a průzkumu staveb.

2. Nejistoty měření

Měření je definovaný proces tvořený promyšleným souborem experimentálních a výpočetních operací pomocí měřicího přístroje stanovenou metodikou v mezích vnějšího prostředí. Nové postupy v řízení kvality procesu měření nám umožňují stále přesněji odhadnout interval, v kterém leží s pravděpodobností skutečná hodnota měřeného znaku. Nejistota měření je odhad přiřazený k výsledku měření na základě statistického rozboru.

Jednoznačný popis zkušební metody by měl být stanoven normou, případně i s doporučením pro stanovování nejistoty měření. Příkladem je ČSN EN ISO 6892-1: 2010 Kovové materiály- Zkoušení tahem- Část 1: Zkušební metoda za pokojové teploty. V informativní příloze je komentován zjednodušený postup odhadu nejistot a preciznost zkoušení kovových materiálů tahem. Zkušební metodiku nedostatečně definuje norma ČSN EN 12390-3:2009 Zkoušení ztvrdlého betonu – Část 3: Pevnost v tlaku zkušebních těles, která připouští úpravu tlačných ploch s pochybnostmi o shodnosti výsledků. Na výsledky experimentů s rozdílnými úpravami tlačných ploch při stanovení pevnosti betonu v tlaku a hodnoty modulu pružnosti upozorňuje článek odborníků z Kloknerova ústavu ČVUT v Praze [1].

Jiným zdrojem nejistoty měření může být změna v opakovaných pozorováních měřené veličiny, které při shodné pevnosti betonu jsou závislé na změnách skladby betonu referenčních těles např. velikost kameniva, uplatnění přísad a podobně. Při porovnání pulsních rychlostí ultrazvukového signálu a pevností v tlaku byl ověřen rozdílný vztah

u betonů navržených dle ČSN 73 2400 a u betonů novodobého složení dle ČSN EN 206-1 [2].

Praktický význam znalosti nejistoty měření je při hodnocení požadavku dodržení toleranční meze, kdy výsledek musí vyhovět včetně jeho nejistoty měření. [3]. Kvalita technických norem a přesná práce laboratoří včetně mezilaboratorních porovnání mají v tomto případě přímé ekonomické důsledky [4].

3. Hodnocení procesů pomocí variačního součinitele

Variabilita je přirozenou vlastností všech procesů a je vyvolána příčinami náhodnými a vymezitelnými (obvykle systematickými). Statistické řízení procesů má proces udržet ve stavu, kdy je ovlivňován pouze náhodnými příčinami variability. Velikost variability dává informace o velikosti rizika vzniku nekvalitního výrobku, cílem je proto minimalizovat variabilitu znaků kvality procesu [5].

Systematická práce dle zásad managementu spolehlivosti a kvality doporučená ČSN EN 1990 ed.2.:2011 Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí umožňuje určení variačních součinitelů přímo z rozptylu plně reprezentativních zkušebních souborů (čl. D.8.2.2.6). Rozhodující jsou soubory vzorků odebraných z konstrukcí, při jejichž výstavbě byly uplatněny posuzované technologie. Jako příklad lze uvést pokrok v technologii betonu za posledních padesát let, jehož důsledkem je změna variačního součinitele pevnosti betonu v několika etapách dle zavádění mechanizace a automatizace výroby a zpracování [6].

4. Kvalita podkladů pro navrhování staveb

Důležitým výstupem stavebního zkušebnictví jsou podklady pro navrhování nových staveb a hodnocení existujících staveb. Dle nařízení EP a Rady (EU) č.305/2011 o harmonizovaných podmínkách uvádění stavebních výrobků na trh je rozhodujícím dokladem prohlášení o vlastnostech každého výrobku. Posiluje se úloha harmonizovaných norem a jsou kladeny vyšší požadavky na výběr výrobků vhodných vlastností. Lze předpokládat, že odpovědnost posoudit vlastnosti bude ležet především na projektantech. Jde o posouzení těch vlastností

základních charakteristik, které se vztahují k zamýšlenému použití v místních podmínkách. Lze předpokládat, že bude nutno zajistit pro projektanty možnost konzultací v nezávislých institucích.

Další vývoj požadavků na stavby nutně vyžaduje i vývoj nových materiálů a konstrukcí, včetně návrhu metodiky ověřování jejich kvality a testování degradačních modelů. Příkladem promyšleného postupu je koncepce zkoušení betonů pro uložení jaderného odpadu s extrémní životností [7].

Tradičním zájmem investorů jsou ekonomické parametry stavby v rámci životního cyklu, pro jejich uplatnění jsou hledány vhodné modely [8]. Zkušenosti z monitorování staveb dokazují rozhodující význam volby materiálů, koncepcí údržby, oprav a modernizací. Z tohoto hlediska je třeba budovat systém zkoušek trvanlivosti materiálů v souladu s degradačními modely. Lze předpokládat, že částečná automatizace výroby nebo odběru vzorků zajistí experimenty se statisticky významným počtem vzorků, jak vyplývá z doporučení normy ČSN EN 1990 ed. 2: 2011 čl. D.7.2. Při průzkumech území a staveb je účelné zvolit pracovní hypotézu s odborným odhadem kritických míst a rizik [9].

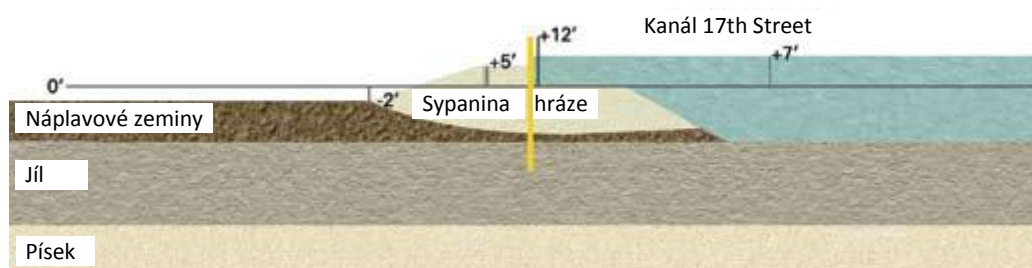
5. Příklady z praxe

5.1. Selhání hrází v New Orleans, USA

V roce 2006 došlo k selhání protipovodňového systému a následnému tragickému zaplavení města New Orleans v USA během hurikánu Katrina. Město New Orleans leží u řeky Mississippi na jih od jezera Pontchartrainse a v blízkosti Mexického zálivu. Proti zaplavení město chrání hráze o celkové délce 560km, z čehož většina 455km byla navržena, vybudována a udržována federální agenturou United States Army Corps of Engineers (USACE). Jedná se převážně o zemní hráze, často navýšené štětovými stěnami, které byly postupně budovány a doplňovány od 60. let. Během hurikánu Katrina se hráze prolomily na mnoha místech a příčin selhání byla celá řada, ale jako jedna z prvních se prolomila hráz u 17th Street kanálu v délce asi 150 metrů i přesto, že hladina byla pod návrhovou maximální výškou.

V tomto úseku je základová půda tvořena měkkým jílem a mokřými náplavovými zeminami (Obr. 1). Hráz selhala vytvořením smykové

plochy v měkké vrstvě náplavových zemin, příčinou selhání bylo přecenění smykové pevnosti této vrstvy [10].



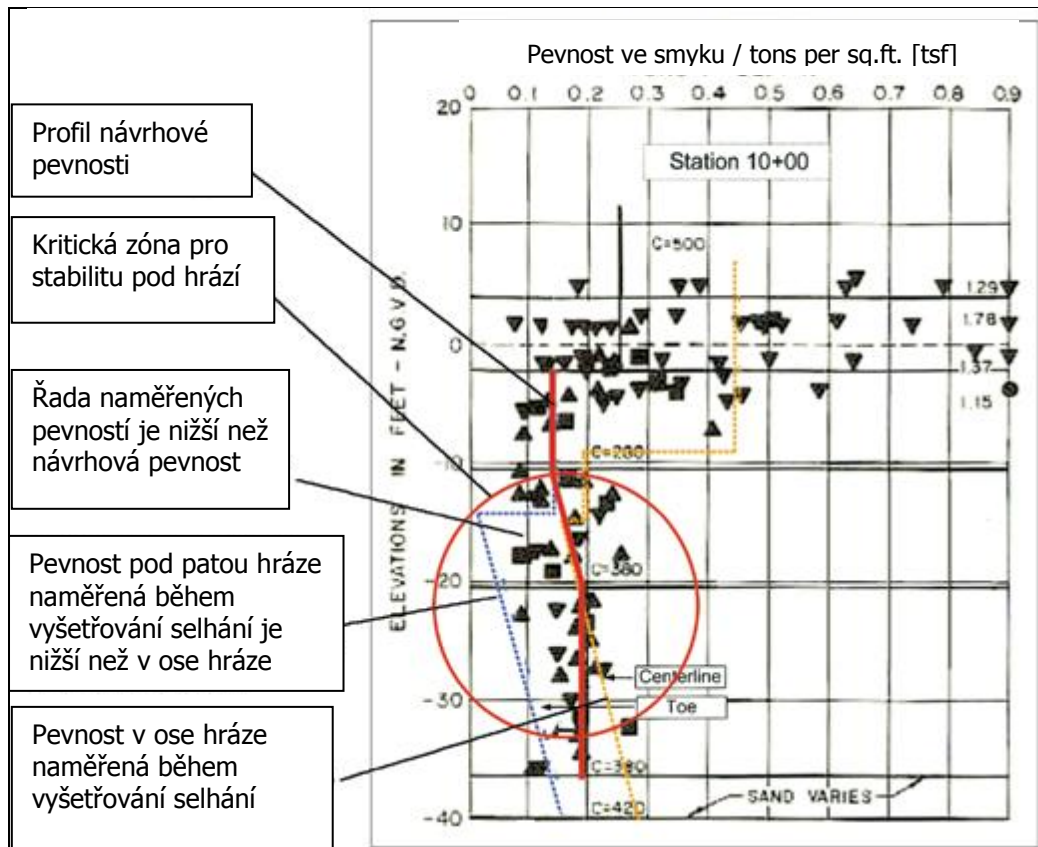
Obrázek 1.: Řez hrází v místě kanálu 17th Street.

V projektové fazi byl proveden obvyklý počet průzkumných vrtů a odebrány vzorky ke zkouškám v laboratoři. Naměřené hodnoty pevnosti ve smyku byly zaneseny do grafu (Obr.2).

Při vyhodnocování výsledků došlo k několika chybám:

- Návrhová pevnost, vyznačena silnou čarou, je vyšší než řada naměřených hodnot. Projektanti použili návrhovou pevnost 0,19 tsf (0,018 MPa), zatímco skutečná průměrná hodnota v místě selhání byla 0,13tsf (0,012 MPa).
- V grafu jsou zahrnuty výsledky vzorků odebraných v úseku 2,4km, což je nevhodné v místech s vyšší geologickou variabilitou jako je New Orleans.
- Všechny vrty byly situovány v ose hráze, kde zemina konsoliduje, zvyšuje pevnost, vlivem zatížení zemní hrází. Při vyšetřování se prokázalo, že v patě hráze byly hodnoty pevnosti ještě nižší.

Celý ochranný protipovodňový systém je velice rozsáhlý a budovaný po částech v rozpětí mnoha let a nedošlo k jeho celkovému zhodnocení z hlediska rizika. Postup na základě analýzy vyžadoval identifikaci kritického místa, analýzu zjištěných hodnot, případné potvrzení opakovaným odběrem vzorků, neboť riziko selhání v kritickém místě je rizikem selhání celého systému - zaplavení města.



Obrázek 2.: Graf pevnosti zemin v místě hráze kanálu 17th Street.

2.2. Analýza podzemních vod v okolí řízených skládek ve státě Wisconsin, USA

Při návrhu, provozu i po uzavření řízených skládek ve státě Wisconsin je nutné sledovat kvalitu podzemní vody v celém obvodu skládky [11]. Před výstavbou skládky je nutné prokázat počáteční koncentraci normou stanovených parametrů a to odběrem nejméně 8 vzorků ve čtvrtletním intervalu. Pokud je skládka stavěna v místech s předchozí kontaminací tzv. brownfields, kde již počáteční koncentrace přesahují hladiny stanovené normou, je nutno vypočítat místní limity.

Během provozu a po uzavření skládky, což většinou zahrnuje několik desetiletí, je kvalita podzemní voda nadále sledována čtvrtletním vzorkováním. Výsledky jsou porovnávány s limity a statisticky vyhodnoceny, často používaná je metoda Sheward-Cusum kontrolních grafů, která bere v potaz všechny předchozí měření a vyhodnotí, zda

potencionální zvýšení je statisticky významné [12]. Vzhledem k velkému objemu dat je pro zpracování, přípravu grafů a statistické vyhodnocení výhodné použít automatizovaných databází.

6. Závěr

Stavební zkušebnictví dosud plně nevyužilo současných možností výpočetní techniky a automatizace pro zvýšení efektivity a kvality svých procesů. Jednou z příčin je nedostatek finančních možností pro zabezpečení zkušebních postupů v rámci celého životního cyklu stavby. Pro zdůvodnění těchto finančních nákladů v rámci výběrových řízení dosud není využíváno doporučení normy ČSN EN 1990 ed2.:2011, které stavební konstrukce člení dle následků poruchy nebo funkční nezpůsobilosti. Tomuto začlenění odpovídají nároky na prevenci, tedy především na kontrolu při návrhu a kontrolu při provádění stavby.

Literatura

- [1] HUŇKA, P., KOLÁŘ, K., BOUŠKA, P., ŘEHÁČEK, S.: Vliv způsobu zakoncování tlačných ploch zkušební tělesa na hodnotu statického modulu pružnosti v tlaku. In Zkoušení a jakost ve stavebnictví 2011. Fakulta stavební VUT v Brně. 2011. p. 103-111. ISBN 978-80-214-4338-9.
- [2] CIKRLÉ, P., KOCÁB, D., POSPÍCHAL, O.: Možnosti využití ultrazvukové metody pro stanovení pevnosti v tlaku mostního betonu. In Zkoušení a jakost ve stavebnictví 2011. Fakulta stavební VUT v Brně. 2011. p. 53-60. ISBN 978-80-214-4338-9.
- [3] MENCL, V., NOVÁK, J.: Řízení jakosti ve stavebnictví. ČKAIT 2002, p.154. ISBN 80-86426-12-2
- [4] VYMAZAL, T., MISÁK, P., KUCHARCZYKOVÁ, B., DANĚK, P.: Programy zkoušení způsobilosti poskytované ÚSZK FAST VUT pro rozvoj zkušebních laboratoří, In Zkoušení a jakost ve stavebnictví Brno 2011, Fakulta stavební VUT v Brně, 2011, p.473-477, ISBN 978-80-214-4338-9.
- [5] PAVLÍK, A., DOLEŽEL, J.: Nedestruktivní vyšetřování betonových konstrukcí, Praha, 1977, SNTL, p.276.
- [6] Soubor příspěvků, Seminář Statistika ve stavební kontrole, Svatka, 1972.

- [7] DROCHYTKA,R., BYDŽOVSKÝ,J., DUFKA,A.: Koncepce zkoušení betonů s extrémní dobou exploatace, In Zkoušení a jakost ve stavebnictví Brno 2011, Fakulta stavební VUT v Brně, 2011, p.65-71, ISBN 978-80-214-4338-9.
- [8] TEPLÝ,B.: Jak lze chápat ekonomickou výhodnost u veřejné zakázky?, čas.Stavebnictví, roč.6.č. 06-07/2012, p.48-50, ISSN 1802-2030.
- [9] MENCL,V. Stavebně technické průzkumy, Metodická pomůcka 8.1. ČKAIT, 2011.
- [10] ASCE American Society of Civil Engineers Hurricane Katrina External Review Panel: The New Orleans Hurricane Protection System What Went Wrong and Why. ASCE, 2007. ISBN 978-0-7844-0893-3.
- [11] Wisconsin Administrative Code, Chapter NR 140, Groundwater Quality, Register January 2012.
- [12] GIBBONS, R. D. : Statistical Methods for Groundwater Monitoring, John Wiley & Sons, 1994, ISBN 0-471-58707-9.

Kontakt

Doc. Ing. VOJTĚCH MENCL, CSc., tel: 00420 549 245 587, e-mail: mencl.va@volny.cz, 602 00, Brno, Tučkova 40.
Ing. EVA M. FOOSE, MBA, tel: 001 859 442 5967, e-mail: evamf@zoomtown.com, EM Solutions LLC, 1111 N. Ft. Thomas Ave, Fort Thomas, Kentucky, USA.

UVÁDĚNÍ STAVEBNÍCH VÝROBKŮ NA TRH EU A ČR PODLE NOVÉHO EVROPSKÉHO NAŘÍZENÍ (CPR - NAŘÍZENÍ EP A RADY EU Č. 305/2011)

PLACING OF CONSTRUCTION PRODUCTS TO EU MARKET PURSUANT TO NEW EUROPEAN REGULATION (CPR - REGULATION OF EUROPEAN PARLAMENT AND COUNCIL NO. 305/2011)

Pavel Vaněk, Tat'ána Pašiaková

Institut pro testování a certifikaci, a.s., Zlín

Anotace:

Základním předpisem pro oblast stavebních výrobků byla do dubna 2011 Směrnice Rady 89/106/EHS (dále jen CPD). Dne 4. 4. 2011 bylo v OJ EU zveřejněno NAŘÍZENÍ EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY (EU) č. 305/2011 ze dne 9. 3. 2011, kterým se stanoví harmonizované podmínky pro uvádění stavebních výrobků na trh a kterým se ruší směrnice Rady 89/106/EHS.

Annotation:

The basic document for the area of construction products was until the April 2011 Council Directive 89/106/EEC (CPD). On 4th April 2011 was published in the OJ EU REGULATION OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND COUNCIL No 305/2011 which defines harmonized conditions for the placing of construction products to EU market and cancels Council Directive 89/106/EEC.

Klíčová slova: *stavební výrobky, posuzování shody, značení CE, certifikace, zkoušení, uvádění na trh EU, bezpečnost, notifikovaná osoba, Evropská komise*

Keywords: *Construction products, conformity assessment, CE marking, certification, testing, placing to EU market, safety, Notified Body, European commission.*

1. CPR - nová koncepce uvádění SV na trh EU

- Do dubna 2011 byl základním předpisem pro oblast stavebních výrobků Směrnice Rady 89/106/EHS (CPD - Construction Products Directive).
- Od dubna byl CPD nahrazen NAŘÍZENÍM EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY (EU) č. 305/2011 ze dne 9. března 2011, kterým se stanoví harmonizované podmínky pro uvádění stavebních výrobků na trh a kterým se ruší směrnice Rady 89/106/EHS.
- Nařízení má, na rozdíl od směrnice, přímou účinnost a vyžaduje adaptaci národního práva členských států EU na jeho obsah. Nově vydaný předpis má zkratku CPR (Construction Products Regulation).
- Příslušné orgány členských států musí odstranit ze stávajících právních předpisů v dané oblasti vše, co by bylo s tímto nařízením v rozporu.
- Princip harmonizovaných technických specifikací (HTS), zavedený směrnicí 89/106/EHS, o stavebních výrobcích, zůstal zachován.
- Byla opuštěna koncepce prokazování shody s harmonizovanou technickou specifikací.
- Nová koncepce je založena na **prohlašování vlastností výrobku**.
- Uživatel stavebního výrobku (zde návrhář stavby) tak může na základě informace o vlastnostech výrobku kvalifikovaně rozhodnout, zda je daný výrobek svými vlastnostmi vhodný do konkrétní, jím navrhované stavby.
- Místo prohlášení o shodě bude vydáváno prohlášení o vlastnostech, které bude stavební výrobek povinně provázet.

2. CPR - zásadní změny

2.1. Nové definice (účinnost 24. 4. 2011)

V článku 2 jsou uvedeny nově definice vztahující se ke stavebním výrobkům, jejich charakteristikám a vlastnostem, k technickým specifikacím, k uvádění výrobků na trh atd. Např. nová definice stavebního výrobku zavádí pojem „sestavy“ a omezuje vymezení stavebních výrobků na ty, které ovlivňují vlastnosti stavby vztahující se k základním požadavkům

2.2. Prohlášení o vlastnostech (účinnost 1. 7. 2013)

Nezbytnou podmínkou pro označení CE je „prohlášení o vlastnostech“ (declaration of performance), které se má vydávat místo „ES prohlášení o shodě“ (EC declaration of conformity) a mělo by být připojeno při uvádění na trh těch stavebních výrobků, na které se vztahuje harmonizovaná norma (hEN) nebo pro které bylo vydáno evropské technické posouzení (ETA). Toto prohlášení o vlastnostech vystaví výrobce a nese také odpovědnost za údaje v něm obsažené. Kopii prohlášení o vlastnostech lze poskytovat v tištěné podobě nebo elektronickými prostředky.

2.3. Označení CE (účinnost 1. 7. 2013)

V CPR jsou podrobnosti týkající se obecných zásad a podmínek připojování označení CE uvedeny v článcích 8 a 9. Podle CPR podléhá označení CE zásadám uvedeným v nařízení 765/2008/ES a připojí se k těm výrobkům, pro které výrobce vypracoval prohlášení o vlastnostech. Pokud nebylo vystaveno, nesmí se označení CE k výrobku připojit. K označení CE může být připojen piktogram nebo jakákoliv jiná značka, zejména označující zvláštní riziko nebo použití. V ČR je příkladem nepovinného označení stavebních výrobků značka Osvědčeno pro stavbu, která může být umístěna i na výrobek již označený CE.

2.4. Kontaktní místa pro stavební výrobky (účinnost 1. 7. 2013)

Kontaktní místa pro výrobky zřízená v souladu s články 10 a 11 nařízení EP a Rady 764/2008 by měla poskytovat informace o ustanoveních majících za cíl splnění základních požadavků na stavby ve vztahu k zamýšlenému použití každého stavebního výrobku. Kontaktní místa sdělují bezplatně do 15 dnů informace o příslušných technických pravidlech na svém území, zda pro uvedení výrobku jsou stanovena speciální pravidla a jaká, informace o orgánech dohlížejících na dodržování těchto pravidel, informace o kontaktních místech jiných států aj.

2.5. Povinnosti výrobců, dovozců a distributorů (účinnost 1. 7. 2013)

V kapitole III (článek 11 až 16) v CPR jsou specifikovány nově povinnosti výrobců, zplnomocněných zástupců, dovozců a distributorů:

- **Výrobci** na základě prohlášení o vlastnostech vypracují technickou dokumentaci, kterou uchovávají po dobu 10 let, provádějí zkoušky vzorků výrobků uváděných na trh a zaručují identifikaci svých výrobků na trhu.
- **Zplnomocnění zástupci** nevypracovávají technickou dokumentaci, ale jsou zmocnění výrobcem pro určité úkoly, jako je uchovávání prohlášení o vlastnostech a technické dokumentace pro účely kontroly vnitrostátními orgány a spolupráce s těmito orgány.
- **Dovozci** mohou uvést na trh Unie jen takové stavební výrobky, které jsou v souladu s požadavky tohoto nařízení a musí zajistit, aby výrobce provedl posouzení a ověření stálosti vlastností uvedených v prohlášení a vypracoval technickou dokumentaci a připojil označení CE. Pokud mají podezření, že výrobek není v souladu s prohlášením, informuje výrobce i orgány dozoru a přijmou nápravná opatření, případně výrobek stáhnou z trhu. Dovozci musí uvést na výrobku své identifikační údaje pro zajištění sledovatelnosti. Dovozci připojují k výrobku informace o bezpečném používání, srozumitelné pro uživatele. V případě potřeby provádějí zkoušky vzorků výrobků, evidují stížnosti a informují distributory. Uchovávají prohlášení o vlastnostech a technickou dokumentaci pro účely kontroly vnitrostátními orgány a spolupracují s těmito orgány.
- **Distributoři** zajistí, aby výrobek nesl označení CE a byly k němu připojeny požadované pokyny a informace v jazyce srozumitelném pro uživatele.

2.6. Subjekty pro technické posuzování (TABs - Technical Assessment Bodies) (účinnost 24. 4. 2011)

Subjekty pro technické posuzování (TABs) budou provádět posuzování a vydávat evropské technické posouzení pro skupiny výrobků, pro které byly určeny. TABs jsou subjekty oprávněné provádět úkoly třetích stran v postupu posuzování a ověřování stálosti vlastností. TABs se po oznámení do NANDO stanou oznámenými subjekty. Pojem „notifikace“ je nahrazen „oznámením“. Subjekty pro technické posuzování založí podle CPR „Organizaci subjektů pro technické posuzování“ (Organization of Technical Assessment Bodies – OTABs) – obdoba EOTA v rámci CPD, která bude organizovat spolupráci TABs, koordinovat používání procesních pravidel a vypracovávat a přijímat evropské dokumenty pro posuzování (EADs).

2.7. Oznamující orgány a oznámené subjekty (účinnost 24. 4. 2011)

V CPR i v dokumentech NLF se nyní používají výrazy „oznamující orgány“ a „oznámené subjekty“ místo dřívějších výrazů „notifikující orgány“ a „notifikované osoby“. CPR sjednocuje a harmonizuje proces notifikace s využitím NLF. Podle funkce při zapojení do posuzování a ověřování stálosti vlastností výrobku z hlediska jeho základních charakteristik by se podle přílohy V CPR oznámené subjekty měly rozlišovat:

- subjekty pro osvědčení výrobku
- subjekty pro osvědčení řízení výroby
- zkušební laboratoř

2.8. Základní požadavky na stavby (účinnost 1. 7. 2013)

Základní požadavky na stavby (viz podrobně příloha I CPR) jako celek i na jejich jednotlivé části musejí vyhovovat zamýšlenému použití, zejména s přihlédnutím k bezpečnosti a ochraně zdraví osob v průběhu celého životního cyklu staveb. Po dobu ekonomicky přiměřené životnosti musí stavby při běžné údržbě plnit tyto základní požadavky na stavby definované v příloze I:

- mechanická odolnost a stabilita;
- požární odolnost;
- hygiena, ochrana zdraví a životního prostředí;
- bezpečnost a přístupnost při užívání (Pozn.: v CPR navíc oproti CPD: „a přístupnost“);
- ochrana proti hluku;
- úspora energie a ochrana tepla;
- udržitelné využívání přírodních zdrojů.

Šest základních požadavků uvedených v CPD se tedy v CPR rozšiřuje o nový základní požadavek č. 7: Udržitelné využívání přírodních zdrojů (Sustainable use of natural resources), podle něhož je třeba zaručit opětovné využití nebo recyklovatelnost stavebních objektů, jejich materiálů a částí po demolici, přiměřenou trvanlivost použitých výrobků a použití surovin a druhotných materiálů šetrných k životnímu prostředí (viz přílohu I k CPR). V návaznosti na tento 7. základní požadavek bude třeba tam, kde je to potřebné, upravit ustanovení mandátů a harmonizovaných technických specifikací.

2.9. Systémy posuzování a ověřování stálosti vlastností (účinnost 1. 7. 2013)

Termín „systém prokazování shody“ uvedený v CPD je v CPR v příloze V nahrazen termínem „systém posuzování a ověřování stálosti vlastností“. V příloze V k CPR je uvedeno pět systémů posuzování a ověřování stálosti vlastností 1+, 1, 2+, 3 a 4 místo původních šesti uvedených v CPD (systém 2 je vypuštěn). Tyto systémy jsou prakticky identické se systémy známými ze současné CPD a jsou i takto označovány. Komise stanoví vhodný systém (systémy) v mandátech pro harmonizované normy. Výrobce má mít možnost sám vybrat přísnější systém a použít jej pro marketingové účely.

2.10. Zjednodušené postupy – použití příslušné technické dokumentace (účinnost 1. 7. 2013)

Ke zjednodušení postupů posuzování a snížení nákladů pro malé a střední podniky a především pro mikropodniky (do 10 zaměstnanců) je v CPR v kapitole VI nově definována možnost použití příslušné technické dokumentace, kterou výrobce bude uchovávat ve výrobním závodě pro potřeby orgánů dozoru nad trhem. Používá-li výrobce tyto zjednodušené postupy, prokáže prostřednictvím specifické technické dokumentace, že stavební výrobky splňují příslušné požadavky a že použité metody odpovídají metodám uvedeným v harmonizovaných normách.

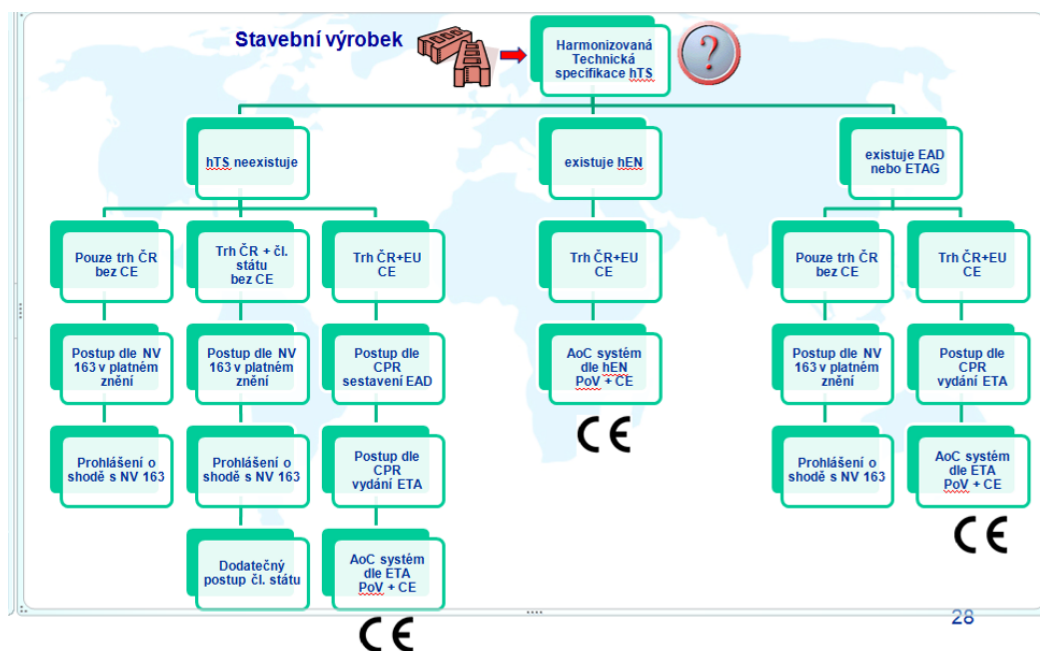
2.11. Dozor nad trhem a ochranné postupy (účinnost 1. 7. 2013)

Pro dozor nad trhem a ochranné postupy se vychází také z nové horizontální legislativy. CPR se zaměřuje na stavební výrobky, které představují riziko na národní úrovni, na oznamovací postupy, ochranné postupy Společenství, na výrobky, které jsou ve shodě, nicméně představují riziko pro zdraví a bezpečnost a na formální neshody.

2.12. Stálý výbor pro stavebnictví (účinnost 24. 4. 2011)

Komisi je nápomocen Stálý výbor pro stavebnictví (viz článek 64 CPR). Členské státy zajistí, aby členové Stálého výboru pro stavebnictví byli s to vykonávat své úkoly tak, aby nedocházelo ke střetu zájmů, zejména pokud jde o postupy získávání označení CE.

3. Uvádění stavebních výrobků na trh EU a ČR – po 1. červenci 2013



4. Závěr

Stavební výrobky uvedené na trh v souladu s CPD před 1. 7. 2013 budou považovány za vyhovující novému nařízení CPR. Výrobci mohou na základě průkazů shody, které byly vydány před 1. 7. 2013 podle CPD, učinit prohlášení o vlastnostech (PoV) podle CPR. Pokyny pro evropské technické schválení (ETAGs), které byly zveřejněny před 1. 7. 2013, mohou být použity jako evropské dokumenty pro posuzování (EAD). Výrobci a dovozci mohou Evropská technická schválení ETA vydaná před 1. 7. 2013 podle CPD použít jako Evropská technická posouzení podle CPR, a to po dobu jejich platnosti.

Byly spuštěny nové webové stránky k CPR, zaměřené na obecnou informovanost v oblasti CPR. Komise ve spolupráci s Členskými státy řeší možnost překladů určitých dokumentů do oficiálních jazyků.
http://ec.europa.eu/enterprise/sectors/construction/index_en.htm

2. – 3. října 2012, FAST VUT v Brně

Kontakt

Ing. PAVEL VANĚK, ředitel divize zkušebnictví, tel: 00420 577 601 621,
e-mail: pvanek@itczlin.cz, Institut pro testování a certifikaci, a.s., třída
Tomáše Bati 299, 764 21 Zlín

PROBLEMATIKA KVALITY A PŘESNOSTI ZABUDOVÁVÁNÍ OKEN A DVEŘÍ DO HRUBÉ KONSTRUKCE

QUALITY AND ACCURACY PROBLEMS OF FITTING WINDOWS AND DOORS IN UNFINISHED CONSTRUCTION

Linda Veselá, Jaroslav Synek

Metrostav a.s., Katedra technologie staveb, FSv ČVUT

Anotace:

Je tomu již rok a půl co byla zveřejněna technická normalizační informace TNI 74 6077 – Okna a vnější dveře – Požadavky na zabudování. Co ustanovení nové TNI, znamená při uplatňování požadavků na přesnost zabudování do hrubých konstrukcí, do kterých jsou okna a dveře osazovány? Jaký je dopad pro výrobce, dodavatele staveb a konečné zákazníky? Pohled očima kontroly kvality.

Annotation:

It has been one year and a half since Technical Standards Information TNI 74 6077 - The windows and external doors - Requirements for incorporation has been published. What is the consistency or inconsistency between the demands on windows and doors manufacturing, their installation and actually reached geometrical tolerances of building construction? What this state brings to manufacturers of windows and doors, what to building contractor and what to customers? The view through the eyes of quality control.

Klíčová slova: *geometrická přesnost, okna a dveře, betonové konstrukce, zděné konstrukce, osazení*

Keywords: *geometrical tolerances, windows and doors, concrete constructions, masonry constructions, site assembling*

1. Úvod

Již řadu let dochází k zavádění harmonizovaných evropských norem do systému ČSN, buď nahrazováním původních českých norem normami evropskými, nebo zaváděním evropských harmonizovaných norem vedle stále platných ČSN. Tento stav znamená nekoncepční zásahy do normového systému vzájemně provázaného a více či méně koordinovaného. EN jsou v tomto systému disharmonickým prvkem, jehož působením je často velmi sporné. Při schvalování harmonizovaných evropských norem normalizačními komisemi není zajištěna potřebná koordinace s ostatními platnými normami tak, aby byla zachována návaznost norem, které spolu souvisejí nebo se týkají ostatních navazujících konstrukcí.

Po zavádění některých evropských norem do stávajícího systému často dochází k tomu, že pro provádění a kontrolu různých konstrukcí platí kromě původní české normy současně i evropská norma, která má odlišné nebo upřesňující požadavky na kontrolované parametry nebo určité problémy vůbec neřeší, či má výrazně rozdílné požadavky než norma pro navazující konstrukce. Nastalé rozpory projektová dokumentace ani objednatel stavby neřeší s odkazem na normy, pro dodavatele stavby i výplní znamenají vícepráce nezohledněné v čase, ani nákladech.

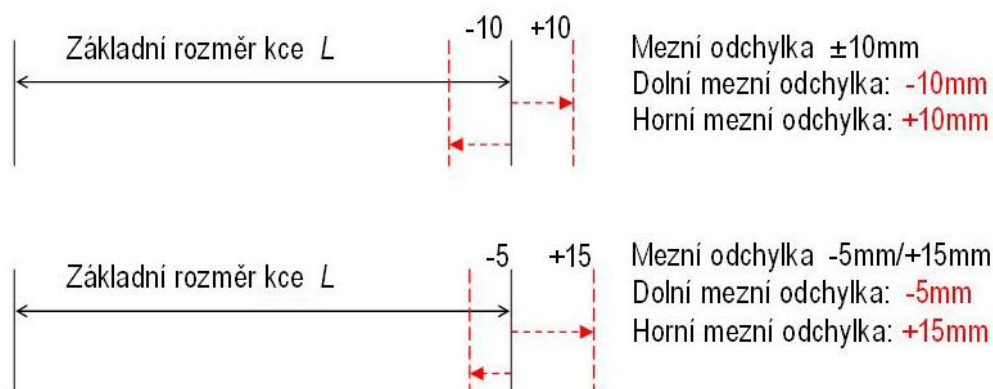
Jako příklad lze uvést oblast požadavků na geometrickou přesnost. Názvosloví a požadavky na geometrickou přesnost byly v původních normách ČSN provázány a vzájemně se na sebe odkazovaly, ať už se jednalo o betonové, zděné či jiné konstrukce. Nově zaváděné normy vycházející především z požadavků evropských norem, zavádějí i vlastní požadavky na geometrickou přesnost aniž by braly ohled na stále platné požadavky na navazující konstrukce. Rozpor je obsažen v technické normalizační informaci TNI 74 6077 – Okna a vnější dveře – Požadavky na zabudování.

2. Základní termíny a definice geometrické přesnosti

Pro lepší orientaci v oblasti geometrické přesnosti je potřeba nejprve definovat základní termíny a pojmy. Níže uvedené definice vycházejí z platné ČSN 73 0202.

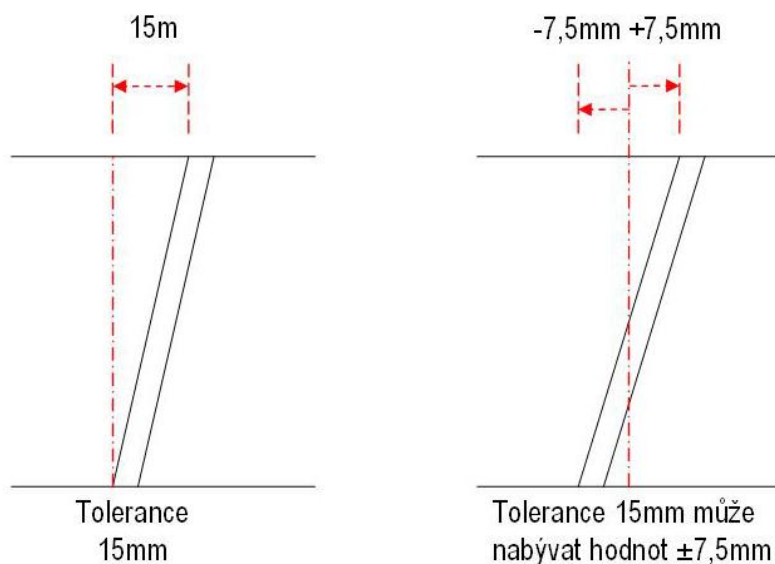
Mezní odchylka je parametr, který může nabývat kladných i záporných hodnot (bývá většinou uváděn se znaménkem „±“, např. ±5mm nebo

+2mm/-1mm). O tuto hodnotu může být zmenšen, resp. zvětšen základní rozměr. Mezní odchylkou se vyjadřují především odchylky délkových rozměrů, půdorysné polohy, umístění otvorů apod.



Obrázek 1.: Geometrický parametr se znaménkem \pm - „Mezní odchylka“

Tolerance je absolutní hodnota rozdílu mezních odchylek (např. mezní odchylka $\pm 5\text{mm}$ může v absolutní hodnotě nabývat tolerance až 10mm). Hodnota uvedená v ČSN bez znaménka „ \pm “ (tolerance v absolutní hodnotě) **může** nabývat kladných a záporných hodnot, pouze pokud se vydělí dvěma (např. tolerance 9mm **nemůže** nabývat hodnot $\pm 9\text{mm}$, ale **mohla by** nabývat hodnot $\pm 4,5\text{mm}$).



Obrázek 2.: Geometrický parametr bez znaménka \pm - „Tolerance“

3. Porovnání požadavků na geometrickou přesnost normy TNI s požadavky norem pro navazující konstrukce

Pokud není v projektové nebo dílenské dokumentaci, smlouvě o dílo nebo technologickém postupu uvedeno jinak, měly by se geometrické parametry stavebního otvoru (rozměry a pravoúhlost otvoru, rovinnost ostění apod.) posuzovat podle požadavků platných norem (ČSN). Normy stanovují, jakých maximálních přípustných odchylek od projektovaných hodnot by měly výše uvedené parametry dosahovat.

Geometrické parametry stavebních otvorů lze posuzovat podle norem pro jednotlivé stavební konstrukce, ve kterých jsou tyto otvory umístěny:

- otvory umístěné ve zděných konstrukcích lze posuzovat podle ČSN EN 1996-2 pro navrhování a provádění zděných konstrukcí,
- otvory umístěné v monolitických betonových konstrukcích podle ČSN EN 13670 pro provádění betonových konstrukcí,
- otvory umístěné v prefabrikovaných betonových konstrukcích podle ČSN 73 2480,
- otvory umístěné v dřevěných konstrukcích podle ČSN 73 2810
- otvory umístěné v ocelových konstrukcích dle ČSN EN 1090-2.

Geometrické parametry stavebních otvorů však lze také posuzovat podle uvedené TNI 74 6077 pro okna a vnější dveře, která udává jiné požadavky pro zabudování výplní otvorů (mimo jiné i požadavky na geometrické parametry stavebního otvoru a parametry zabudovaných výrobků).

Porovnání požadavků jednotlivých norem je uvedeno v následujících tabulkách.



Tabulka 1.: Porovnání požadavků na geometrické parametry stavebních otvorů podle TNI 74 6077, ČSN EN 13670 a ČSN EN 1996-2.

Geometrický parametr	TNI 74 6077		ČSN EN 13 670 (betony)	ČSN EN 1996-2 (zdivo)
Rozměry stavebního otvoru	Neupravený povrch	Upravený povrch	±25mm	neřeší
	±12mm (do 3m)	±10mm (do 3m)		
	±16mm (pro 3-6m)	±12mm (pro 3-6m)		
Pravoúhlost otvoru ^{a)}	6mm (do 1m)		neřeší	neřeší
	8mm (pro 1-3m)			
	12mm (pro 3-6m)			
Rovinnost ostění	neřeší		Bedněný povrch: 9mm/2m	10mm/m, max. 50mm/10m

^{a)} Odchylka se zjišťuje tak, že se změří úhlopříčky a jejich hodnoty se od sebe odečtou, rozdíl se porovná s uvedenými hodnotami v této tabulce.

Tabulka 2.: Pokračování porovnání požadavků na geometrické parametry stavebních otvorů podle TNI 74 6077, ČSN 73 2480 a ČSN 73 2810.

Geometrický parametr	ČSN 73 2480 žb.prefabrikáty	ČSN 73 2810 dřev. kce	ČSN 73 0205 geom.přesnost
Rozměry stavebního otvoru	Dle ČSN 73 0205 nebo dle PD	Dle výrobní dokumentace	Přípustné tolerance otvorů se stanoví na základě funkčních požadavků pro jejich mezní rozměry, polohu v konstrukci a pro tvar a orientaci ostění.
Pravoúhlost otvoru ^{a)}			
Rovinnost ostění			

^{a)} Odchylka se zjišťuje tak, že se změří úhlopříčky a jejich hodnoty se od sebe odečtou, rozdíl se porovná s uvedenými hodnotami v této tabulce.

Tabulka 3.: Požadavky na geometrické parametry zabudovaných výrobků (oken, dveří) dle TNI 74 6077.

Geometrický parametr	TNI 74 6077
Základní rozměry (výška, šířka)	±2mm
Pravoúhlost rámců a křídel a)	3mm
Rovinnost rámců a křídel	4mm
Svislost a vodorovnost (rovinnost) osazeného výrobku	2mm/m, max. 3mm na celou délku
a) Odchylka se zjišťuje tak, že se změří úhlopříčky a jejich hodnoty se od sebe odečtou, rozdíl se porovná s uvedenými hodnotami v této tabulce.	

4. Vyhodnocení požadavků TNI 74 6077 a souvisejících norem

Při porovnání požadavků technické normalizační informace TNI 74 6077 pro okna a vnější dveře na geometrické parametry rozměrů stavebního otvoru ($\pm 12\text{mm}$, resp. $\pm 16\text{mm}$) s požadavky normy pro betonové konstrukce ČSN EN 13670 ($\pm 25\text{mm}$) je zřejmé, že **požadavky TNI 74 6077 jsou mnohem přísnější, než udává betonářská norma**. Norma pro zděné konstrukce ČSN EN 1996-2 neřeší rozměry otvorů vůbec.

Při kontrole pravoúhlosti otvorů lze využít požadavky TNI 74 6077, protože tento požadavek normy pro betonové a zděné konstrukce neřeší. Naopak pokud by byl požadavek na kontrolu rovinnosti ostění, je potřeba brát v úvahu požadavky norem pro betonové a zděné konstrukce, které pro změnu neřeší TNI.

Normy pro provádění prefabrikovaných betonových konstrukcí ČSN 73 2480 a pro provádění dřevěných konstrukcí ČSN 73 2810 se při kontrole geometrických parametrů stavebních otvorů odkazují na projektovou nebo výrobní dokumentaci nebo na normu pro navrhování geometrické přesnosti ČSN 73 0205. Norma **ČSN 73 0205** říká pouze, že přípustné **tolerance stavebních otvorů se mají navrhovat s ohledem na funkční požadavky těchto otvorů**.

Lze proto pro stanovení tolerancí pro prefabrikované betonové, ocelové a dřevěné konstrukce použít požadavky na otvory dle TNI 74 6077 s ohledem na možnosti montáže.

TNI 74 6077 lze také využít při kontrole rozměrů samotných výrobků a při kontrole svislosti a vodorovnosti (rovinnosti) osazených výrobků

(oken a dveří). Je nutné ale uvažovat s variantou, kdy např. s ohledem na rozměry prvků nebo otvorů nelze požadovaných přesností dosáhnout jinak, než jejich dodatečnou úpravou.

5. Závěr

Z výše uvedených porovnání jednotlivých norem (vycházejících již z norem evropských) vyplývá, že jejich požadavky na geometrické parametry stavebních otvorů se vzájemně výrazně liší nebo nejsou vůbec řešeny. Tyto nesrovnalosti se potom často přenášejí do fáze realizace, kde jejich řešení vyžaduje dodatečný čas a náklady a vedou ke sporům mezi dodavatelem hrubé konstrukce a dodavatelem okenních výplní o vzniklé vícenáklady.

V případě stavebních otvorů doporučujeme zhotovitelům před zahájením realizace projednat požadavky na jejich provádění s projektantem a investorem i dodavatelem výplní.

Je potřeba si předem vyjasnit, podle jakých norem budou posuzovány geometrické parametry stavebních otvorů (rozměry, pravouhlost, rovinnost ostění apod.). Zvláště v případě otvorů v betonových konstrukcích je potřeba upozornit na rozdíl mezi požadavky TNI 74 6077 a ČSN EN 13 670 na tolerance rozměrů.

1. V přípravě je nutné započítat **vyrovnávání nerovností ostění** stavebních otvorů před osazením oken a dveří → zvýšenou spotřebu materiálu a času pro tuto činnost a **náklady na toto vyrovnání ostění zahrnout do nákladů a nároků stavby vůči investorovi.**

2. Současně je potřebné v realizaci usilovat o zlepšené - **přísnější parametry tolerancí na dokončované stavební otvory** v hrubé konstrukci tak, aby bylo možno snáze dodržet požadované geometrické parametry pro výplně a tím omezit případné vícenáklady.

Literatura

[1] TNI 74 6077: Okna a vnější dveře – Požadavky na zabudování, UNMZ 2011.

[2] ČSN EN 1996-2: Eurokód 6: Navrhování zděných konstrukcí - Část 2: Volba materiálů, konstruování a provádění zdiva, ČNI 2007.

[3] ČSN EN 13 670: Provádění betonových konstrukcí, UNMZ 2010.

2. – 3. října 2012, FAST VUT v Brně

[4] ČSN 73 2480+Z1: Provádění a kontrola montovaných betonových konstrukcí, ČNI 2003.

[5] ČSN 73 2810+Z1: Dřevěné stavební konstrukce. Provádění, ČNI 2000.

[6] ČSN EN 1090-2+A1: Provádění ocelových konstrukcí a hliníkových konstrukcí - Část 2: Technické požadavky na ocelové konstrukce, ÚNMZ 2012.

Kontakt

Ing. LINDA VESELÁ, tel: 00420 266 709 262, e-mail: linda.vesela@metrostav.cz, linda.vesela@fsv.cvut.cz, Útvar technologií a materiálů, Metrostav a.s., Koželužská 2246, 180 00 Praha 8 a Katedra technologie staveb, Fakulta stavební ČVUT v Praze, Thákurova 7/2077, 166 29 Praha 6

Ing. JAROSLAV SYNEK., tel: 00420 tel: 00420 266 709 306, e-mail: jaroslav.synek@metrostav.cz, jaroslav.synek@fsv.cvut.cz, vedoucí útvaru technologií a materiálů, Metrostav a.s., Koželužská 2246, 180 00 Praha 8 a Katedra technologie staveb, Fakulta stavební ČVUT v Praze, Thákurova 7/2077, 166 29 Praha 6

STATISTICKÁ ANALÝZA HODNOCENÍ VÝSLEDKŮ PROGRAMŮ ZKOUŠENÍ ZPŮSOBILOSTI

STATISTICAL AND DATA ANALYSIS IN PROFICIENCY TESTING

**Tomáš Vymazal, Petr Misák,
Barbara Kucharczyková**

Ústav stavebního zkušebnictví, FAST VUT v Brně

Anotace:

Příspěvek se zabývá statistickou analýzou výsledků, kterou Poskytovatel zkoušení způsobilosti při ústavu SZK VUT v Brně používá při hodnocení výsledků programů zkoušení způsobilosti.

Annotation:

The paper deals with statistical analysis in proficiency testing provided by the Department of the building testing, Faculty of civil engineering, Brno University of technology.

Klíčová slova: Zkoušení způsobilosti, statistická analýza

Keywords: Proficiency testing, statistical analysis

1. Úvod

První programy zkoušení způsobilosti (dále jen PrZZ) byly na ÚSZK FAST VUT v Brně organizovány v roce 2009. Vzhledem k pilotnímu ověřovacímu programu byly vybrány nejběžnější zkoušky ztvrdlých betonů a kameniv. V roce 2010 to již byl bohatší program nabízející zkoušky v oblasti čerstvých a ztvrdlých betonů, kameniv a laboratorních zkoušek zemin. V roce 2010 vyšla norma ČSN EN ISO/IEC 1743 [1] a společně s MPA 20–01-11 [2] nahradila dosavadní MPA 30–01-04, a ke dni 12. 12. 2011 byla Poskytovateli programů zkoušení způsobilosti při ústavu SZK FAST udělena akreditace pod značkou Z7008 (dále jen Z7008).

Na internetových stránkách Z7008 [3] jsou ke stažení veškeré informace o jednotlivých PrZZ, včetně způsobu vyhodnocení. Výsledky zkoušek jednotlivých účastníků PrZZ jsou vzájemně porovnány metodou statistické analýzy experimentu shodnosti podle ČSN ISO 5725-2 [4] a nově podle ČSN EN ISO/IEC 17043 [1]. Výsledkem řešení PrZZ je zpráva, která shrnuje výsledky experimentu shodnosti, včetně statistického vyhodnocení Z-score a ζ -score (zeta-score).

2. Statistická analýza

K popisu přesnosti metod měření se využívá termínů správnost a shodnost. Správnost se týká těsnosti shody mezi aritmetickým průměrem velkého počtu výsledků zkoušek a pravou nebo přijatou referenční hodnotou. Shodnost se týká těsnosti shody mezi výsledky zkoušek. Nutnost uvažování shodnosti vzniká ze skutečnosti, že zkoušky, o nichž se předpokládá, že jsou provedeny na stejném materiálu za stejných podmínek, neposkytují obecně stejné výsledky. Příčinou jsou náhodné chyby, kterým se nelze vyhnout. Tyto chyby jsou nedílnou součástí každého zkušební postupu a nelze je nikdy v plném rozsahu ovládat. Analýza experimentu shodnosti není zaměřena na zkoumání správnosti výsledků zkoušek, ale především na jejich shodnost. Výsledky se tedy posuzují vzájemně mezi sebou a nikoli vzhledem k nějaké referenční nebo pravdivé hodnotě.

Základem statistické analýzy je kritické zhodnocení údajů podle ČSN EN 5725-2 [4], tedy zjištění a ošetření podezřelých a odlehlých hodnot a dalších nepravidlostí. Toto zhodnocení se provádí prostřednictvím Mandelových statistik (grafické zhodnocení) a především pomocí Grubbsových a Cochranových testů (numerické zhodnocení).

Dalšími sledovanými statistickými parametry jsou mezilaboratorní rozptyl, rozptyl opakovatelnosti a reprodukovatelnosti a na ně navazující charakteristiky opakovatelnost a reprodukovatelnost.

Výsledky zkoušek se musí pro interpretaci a porovnání se stanovenými cíli převést na tzv. výkonnostní statistiky. Účelem je vyjádřit odchylku od vztažné hodnoty takovým způsobem, který umožňuje porovnání s kritérii výkonnosti. Podle normy ČSN EN ISO/IEC 17043 [1] se výkonnost účastníků se pracovišť hodnotí podle tzv. z-score a ζ -score (zeta-score). Předpokladem pro použití těchto metod je jednovrcholové rozdělení pravděpodobnosti naměřených dat.

Pro každou neodlehlou laboratoř se z-score vypočte podle vztahu:

$$z_i = \frac{|\bar{x}_i - X|}{S}, \quad (1)$$

kde X je vztažná hodnota a S směrodatná odchylka.

ζ -score (zeta-score) se vypočítá pomocí rovnice:

$$\zeta_i = \frac{|\bar{x}_i - X|}{\sqrt{u_i^2 + u_X^2}}, \quad (2)$$

kde u_X je standardní nejistota vztažné hodnoty a u_i je standardní kombinovaná nejistota i -té laboratoře. Více o nejistotách měření lze nalézt v dokumentu [5].

Pro Z-score a ζ -score (pro jednoduchost je uvedeno pouze z-score) platí následující stupnice:

$|z| \leq 2$ ukazuje, že výkonnost laboratoře je vyhovující;

$2 < |z| \leq 3$ ukazuje, že výkonnost laboratoře je problematická a vytváří varovný podnět;

$3 < |z|$ ukazuje, že výkonnost laboratoře je nevyhovující a vytváří podnět k akci.

Výsledné hodnoty ζ -score nejsou brány v potaz při výsledném vyhodnocení výkonnosti pracovišť, neboť jsou do značné míry závislé na hodnotách nejistot měření posuzovaných pracovišť.

Jak je podle vzorců (1) a (2) patrné, zásadním parametrem pro určení výkonnosti zkušebních laboratoří vztažná hodnota, její nejistota a směrodatná odchylka. Podle přílohy B normy [1] je jednou z možností určení vztažné hodnoty jako konsenzuální hodnoty účastníků za použití statistických metod popsanych v ISO 13528 [6] a ČSN ISO 5725-5 [7]. Vztažná hodnota X je tedy určena jako robustní odhad hodnoty průměru x^* a směrodatná odchylka jako robustní směrodatná odchylka s^* (Algoritmus A uvedený v [7] a [1]). Jedná se o iterační algoritmus,

jehož výhodou je silná odolnost vůči vybočujícím hodnotám. Další možností určení vztažné hodnoty je využití Hornova postupu, který spočívá ve stanovení tzv. pivotů, na jejichž základě se určí odhad charakteristiky polohy a variability. Tento postup je vhodné využít při počtu účastníků PrZZ 4 až 20.

Čtenáře by mohlo napadnout, proč jednoduše nepoužít pro stanovení vztažné hodnoty jednoduchý, notoricky známý aritmetický průměr? Hlavní nevýhodou aritmetického průměru je vysoká citlivost na vybočující hodnoty. Zvláště při vyhodnocování trvanlivostních zkoušek ztvrdlých betonů, kdy se předpokládá zvýšená variabilita dat, může tato charakteristika poskytovat zavádějící informace.

Mezi vedlejší charakteristiky, které se sice v rámci PrZZ určují, ale nemají zásadní vliv na hodnocení výkonnosti účastníků se laboratoří, patří mezilaboratorní rozptyl a rozptyly opakovatelnosti a reprodukovatelnosti. Tyto charakteristiky tvoří základ informací o shodnosti výsledků zkoušek daného zkušebního postupu. Často se uvádějí ve formě směrodatných odchylek, tedy po odmocnění. Výhodou je stejný fyzikální rozměr charakteristiky variability a sledované veličiny.

Rozptyl opakovatelnosti

$$s_r^2 = \frac{\sum_{i=1}^p (n_i - 1) s_i^2}{\sum_{i=1}^p (n_i - 1)} \quad (3)$$

Mezilaboratorní rozptyl

$$s_L^2 = \frac{s_d^2 - s_r^2}{\bar{n}}, \quad (4)$$

kde

$$s_d^2 = \frac{1}{p-1} \sum_{i=1}^p n_i (\bar{y}_i - \bar{\bar{y}})^2 = \frac{1}{p-1} \left[\sum_{i=1}^p n_i (\bar{y}_i)^2 - (\bar{\bar{y}})^2 \sum_{i=1}^p n_i \right] \quad (5)$$

a

$$\bar{\bar{n}} = \frac{1}{p-1} \left[\sum_{i=1}^p n_i - \frac{\sum_{i=1}^p n_i^2}{\sum_{i=1}^p n_i} \right]. \quad (6)$$

Rozptyl reprodukovatelnosti

$$s_R^2 = s_r^2 + s_L^2, \quad (7)$$

kde s_r^2 je rozptyl opakovatelnosti a s_L^2 je mezilaboratorní rozptyl.

Nejdůležitějšími pojmy, kterými je definována shodnost zkušební metody, je opakovatelnost a reprodukovatelnost. Hodnoty opakovatelnosti a reprodukovatelnosti jsou předmětem části nazvané „Shodnost“ většiny normativních předpisů měřících metod. Například v normě ČSN EN 12390-3 [8], která je zaměřena na jeden z nejběžnějších zkušebních postupů, a to pevnost v tlaku, jsou údaje o shodnosti stanoveny na základě experimentu z roku 1987, kterého se účastnilo pouze 16 pracovníků. Ze stejného experimentu vycházejí i údaje v normě ČSN EN 12390-7 [9] (Objemová hmotnost ztvrdlého betonu).

Opakovatelnost vyjadřuje, že rozdíl mezi dvěma výsledky zkoušek z téhož vzorku, provedených stejným pracovníkem, na tomtéž zařízení, v nejkratším možném časovém intervalu nebude překračovat hodnotu opakovatelnosti r v průměru ne více než jednou ve 20 případech při běžném a správném provádění metody.

Hodnota opakovatelnosti je vyjádřena vztahem:

$$r = 2,8 \cdot s_r, \quad (8)$$

kde $s_r = \sqrt{s_r^2}$ je směrodatná odchylka opakovatelnosti.

Reprodukovatelnost vyjadřuje, že výsledky zkoušek na tomtéž vzorku, získané v nejkratším možném časovém intervalu dvěma pracovníky, kteří použili každý své zařízení, se nebudou lišit hodnotou reprodukovatelnosti R v průměru ne více než jednou ve 20 případech při běžném a správném provádění metody.

Hodnota reprodukovatelnosti je vyjádřena vztahem:

$$R = 2,8 \cdot s_R, \quad (9)$$

kde $s_R = \sqrt{s_R^2}$, je směrodatná odchylka reprodukovatelnosti.

3. Závěr

Příspěvek se zabýval postupy, které používá Z7008 pro vyhodnocování mezilaboratorních porovnávacích zkoušek, především pro stanovení výkonnosti zkušebních laboratoří. Mezilaboratorní porovnávací zkoušky jsou jedním z nástrojů hodnocení způsobilosti zkušebních laboratoří.

Statistickou analýzu programů zkoušení způsobilosti lze provádět ještě dalšími postupy uvedenými ve [1] a normách řady ČSN ISO 5725.

Poděkování

Příspěvek vznikl za podpory BD FAST-J-12-1809 "Vliv zastavení hydratace betonu v různých stádiích zrání na jeho charakteristiky"

Literatura

- [1] ČSN EN ISO/IEC 17043: Posuzování shody - Všeobecné požadavky na zkoušení způsobilosti, ČNI 2010.
- [2] MPA 20 – 01 – 11 k aplikaci ČSN EN ISO/IEC 17043 Posuzování shody – Všeobecné požadavky na zkoušení způsobilosti v akreditačním systému České republiky, ČIA o.p.s., 2011
- [3] <http://szk.fce.vutbr.cz/index.php?id=mpz>
- [4] ČSN ISO 5725-2: Přesnost (správnost a shodnost) metod a výsledků měření – Část 1: Základní metoda pro stanovení opakovatelnosti a reprodukovatelnosti normalizované metody měření, ČNI 1997.
- [5] EA 4/02: Vyjadřování nejistot měření při kalibracích, 2000.
- [6] ISO 13528 Statistical methods for use in proficiency testing by interlaboratory comparisons, ISO 2005.
- [7] ČSN ISO 5725-5 Přesnost (správnost a shodnost) metod a výsledků měření - Část 5: Alternativní metody pro stanovení shodnosti normalizované metody měření, ČNI, 1999
- [8] ČSN EN 12390-3 Zkoušení ztvrdlého betonu - Část 3: Pevnost v tlaku zkušebních těles, ÚNMZ, 2009
- [9] ČSN EN 12390-7 Zkoušení ztvrdlého betonu - Část 7: Objemová hmotnost ztvrdlého betonu, ÚNMZ, 2009

Kontakt

Doc. Ing. TOMÁŠ VYMAZAL, Ph.D., tel: 00420 541 147 818, e-mail: VYMAZAL.T@fce.vutbr.cz, Ústav stavebního zkušebnictví, FAST VUT v Brně, Veveří 95, 602 00 Brno.

NEDEŠTRUKTÍVNA METÓDA KONTROLY ZHUTNENIA ZEMNÝCH KONŠTRUKCIÍ POMOCOU PRÍSTROJA HUMBOLDT

NON-DESTRUCTIVE METHOD OF CONTROLLING COMPACTION OF EARTHS WORKS USING DEVICE HUMBOLDT

**Katarína Zgútová, Martin Decký,
Juraj Šrámek, Dominika Ďureková**

Žilinská Univerzita v Žiline, Stavebná fakulta, Katedra
technológie a manažmentu, Katedra cestného staviteľstva

Anotace:

Príspevok bude zameraný na možnosti použitia nedeštruktívnych metód pri kontrole kvality zemných konštrukcií. Hlavná časť bude venovaná použitiu prístroja Humboldt na meranie a hodnotenie miery zhutnenia zemných konštrukcií. Namerané výsledky budú porovnané s inými metódami na kontrolu miery zhutnenia.

Annotation:

The contribution will focus on the possibility of using non-destructive methods for quality control of earth structures. The main part will be devoted to the use of Humboldt device for measuring and assessing the extent of compaction of earth structures. The measured results are compared with other methods to control the degree of compaction.

Klíčová slova: *Statická zaťažovacia skúška, únosnosť podložia, geosonda Humboldt, modul pružnosti*

Keywords: *Static plate load test, resistance of soil, geogauge Humboldt, modulus of elasticity*

1. Úvod

V posledných desiatich rokoch sa pri stavbách dopravnej infraštruktúry (rýchlostné cesty, diaľnice, železničné trate) využíva v značnej miere aj systém stavebného dozorovania prostredníctvom samostatných organizácií, nezávislých od zhotoviteľa a objednávateľa stavby. Tieto organizácie majú, v závislosti od zmluvných podmienok konkrétnej stavby, okrem obvyklých činností stavebného dozoru aj povinnosť vykonávať diagnostiku konštrukcií a kontrolné skúšky vlastností konštrukcií a použitých materiálov v presne definovanom rozsahu.

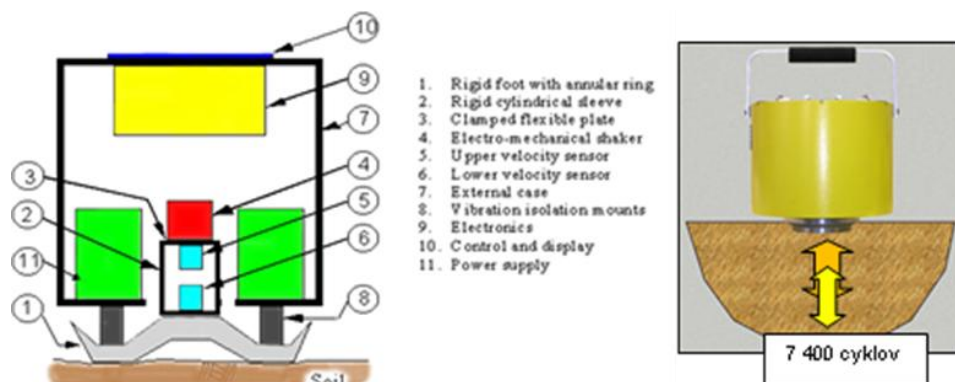
V činnosti stavebného dozoru je diagnostika dôležitý nástroj, ktorý nasleduje po kontrole kvality, a to v situáciách, keď boli zistené chyby v konštrukcii, keď neboli dodržané technologické postupy alebo výsledky skúšok naznačujú, že by sa prípadné chyby v konštrukcii mohli v budúcnosti vyskytnúť. Výsledkom postupov kontroly kvality je zistenie stavu konštrukcie na základe nameraných údajov, pozorovaní, obhliadok a ich porovnanie s požadovanými hodnotami a kritériami kvality, pričom konštatujeme zhodu alebo nezhodu výsledkov s požiadavkami.

2. Použitie geosondy Humboldt H-4140

2.1. Popis geosondy

Geosonda s typovým označením H-4140, od výrobcu Humboldt Mfg. Co., Norridge, Illinois, USA, je prenosný elektronický merací prístroj na určenie deformačných charakteristík zemných konštrukcií a vrstiev konštrukcie vozovky. Podľa opisu výrobcu uvedenom v manuáli prístroja [2], je možné túto skúšobnú metódu charakterizovať v zmysle klasifikácie uvedenej v [3] ako dynamickú metódu s využitím princípu metódy mechanickej impedancie. Geosonda meria mechanickej impedanciu skúšanej vrstvy, resp. meria vibračný tlak prenášaný na povrch vrstvy a výslednú povrchovú rýchlosť ako funkciu času [2]. Mechanická impedancia je veličina, ktorá charakterizuje odpor prostredia proti zmene jeho tvaru, alebo odpor prostredia proti pohybu telesa v ňom. Geosonda, podľa [2 a 4], počas merania generuje elektromagnetickú energiu na úrovni 25 frekvencií v rozsahu od 100 Hz do 196 Hz, v jednom meracom intervale. Merací interval trvá 75 sekúnd a počas neho sonda vykoná 7400 meracích cyklov. Sonda váži 10 kg, kontakt sondy a povrchu vrstvy zabezpečuje kovový prstenec priemeru 130 mm, ktorý by mal mať

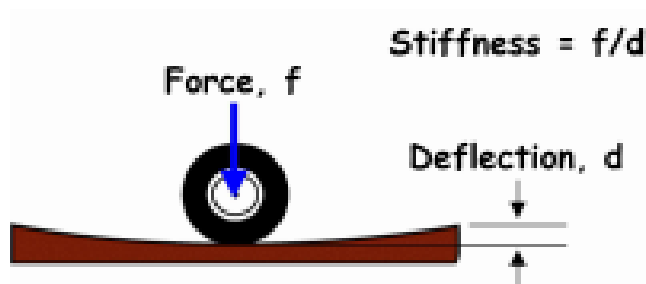
minimálny kontakt na 60 % dosadacej plochy prstenca. Počas merania vibrácie prenášané zo sondy do meranej vrstvy spôsobujú mikroposuny zŕn materiálu vrstvy (hodnoty $< 1,27 \cdot 10^{-6}$ m), čo spôsobuje zvislé pohyby prstenca, ktoré sú senzormi sondy merané a následne vyhodnocované procesorom sondy. (obr. 1)



Obr.1 Schéma prístroja a princíp merania geosondou H-4140

Výstupné parametre každého meracieho intervalu sú:

- modul pružnosti, označovaný v pôvodnej literatúre [2] ako Youngov modul v zmysle Hookovho zákona pre izotropný, lineárne pružný materiál. Geosonda meria hodnotu modulu v rozsahu od 26,2 MN.m⁻² do 610 MN.m⁻², pričom pre naše účely s potrebou odlíšenia od iných porovnávaných deformačných charakteristík ho označujeme ako E_H (modul zistený geosondou Humboldt). Mechanické správanie sa partikulárnych látok, t.j. zemín, sypanín, stmelovaných vrstiev a podobných materiálov, je nielen nelineárne a nevratné z hľadiska priestorovej deformácie, ale je najviac aj závislé na aktuálnom usporiadaní zŕn (častíc), stavu napätosti a jeho histórii a na histórii pretvorenia materiálu. Vzhľadom na vyššie uvedené, považujeme, na rozdiel od výrobcu geosondy, meranú veličinu E_H skôr za modul deformácie zisťovaný dynamickou metódou čo naznačujú aj reálne namerané hodnoty na rôznych druhoch materiálov, ktoré sa nominálnymi hodnotami blížia viac k hodnotám deformačných modulov zisťovaných inými metódami, ako k hodnotám modulu pružnosti.
- tuhosť, definovaná podľa obr.2, meraná v rozsahu od 3 MN.m⁻¹ do 70 MN.m⁻¹, pričom pre naše účely s potrebou odlíšenia od iných porovnávaných deformačných charakteristík ho označujeme ako k_H (koeficient tuhosti zistený geosondou Humboldt).



Obr. 2 Popis parametra tuhosti k_H (stiffness) uvedený v manuáli přístroja

Hĺbka dosahu merania uvedených charakteristík je definovaná v rozsahu do 310 mm od povrchu vrstvy, koeficient variácie presnosti merania 10%. Výrobca deklaruje vhodnosť použitia prístroja na súdržné a nesúdržné zeminy, hydraulickými spojivami stmelené podkladové vrstvy, asfaltové vrstvy a podobné materiály, pričom nie je definovaná veľkosť maximálneho zrna skúšaného materiálu. Prístroj je vybavený funkciou samokalibrácie na kovovom kalibračnom valci. Prístroj a jeho použitie je v súlade s normou ASTM D 6758-02 [5].

2.2. Príklad merania s geosondou

Samotné meranie pomocou sondy Humbolt H-4140 je veľmi jednoduché oproti bežne používanej statickej zaťažovacej skúške. Sonda sa uloží na zhutnený a zarovnaný povrch. Prípadné nerovnosti sa odstránia pomocou rozotrenia normového navlhčeného piesku, tak aby prstenec sondy presne dosadol na povrch. V nasledujúcej tabuľke sú uvedené príklady meraní, ktoré boli vykonané v období od 24. 4. 2012 do 25. 5. 2012. Merania sú porovnané s meraním statickou zaťažovacou skúškou a v poslednom riadku je prepočítavací koeficient.

Tabuľka 1.: Namerané hodnoty v období od 24. 4. 2012 do 25. 5. 2012 porovnané so statickou zaťažovacou skúškou

materiál	*1	*2	*3	*3	*4	*4	*4	*4	*5	*5	*5	*6	*6	*6	*6
$E_{def,2(SZS)}$	269	46,4	34	40,5	92,8	112,1	122,3	117	128,1	122,3	107,6	134,5	134,5	149,4	112,1
E_H	233,8	111,2	83,44	119,5	207,2	241,1	259	235,6	260,1	242,3	217,3	141,5	175,6	282,7	105,3
korelácia	1,151	0,417	0,407	0,339	0,448	0,465	0,472	0,497	0,493	0,505	0,495	0,95	0,766	0,528	1,064

*1- štrk dobre zrnený stabilizovaný hydraulickým spojivom

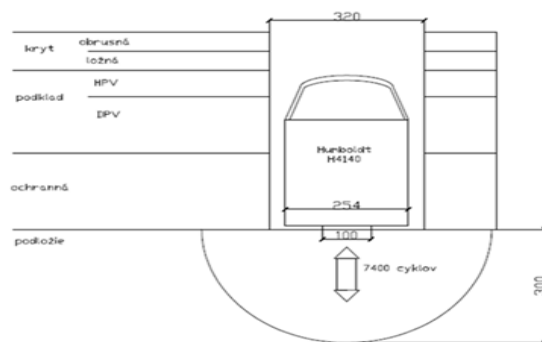
*2 - íl svetlohnedý , tvrdá konzistencia + geotextília Kortex GT PP 25/25 *3 - íl svetlohnedý , tvrdá konzistencia

*4 - ŠD 0/32 + 0/63 ... Celkom 500 mm + geosyntetika

*5 - ŠD 0/125 Devín + ŠD 0/32 ... celkom 250 mm + geosyntetika

*6 - ŠD 0/32 - vápencová ... hrúbka 300 mm

Prístroj H – 4140 je tiež možné použiť pri projekte rekonštrukcie cestnej komunikácie. Pri jadrovom vývrte s priemerom 300 mm je možné prístroj vložiť do vývrty a meranie vykonať rovnako ako pri projekte novostavby. (obr.3)

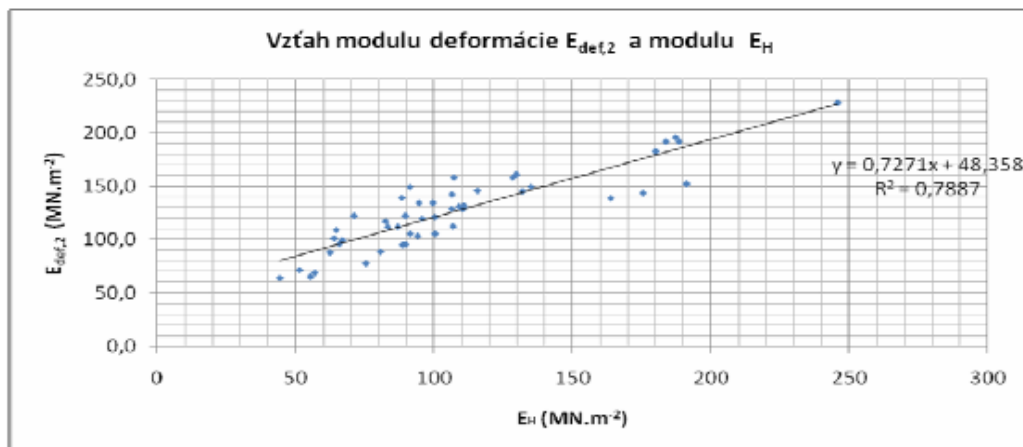


Obr. 3 použitie sondy H-4140 pri projekte rekonštrukcie cestnej komunikácie

2.3. Korelácie záujmových deformačných charakteristík

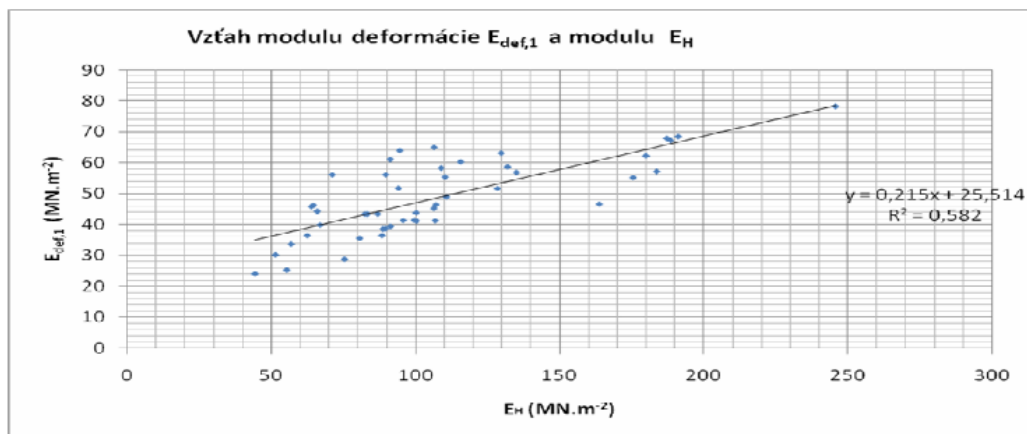
Pri predbežnom testovaní nešlo o riadený experiment na presne definovanom skúšobnom poli z jedného druhu materiálu. Testovanie prístroja a porovnávacie merania prebiehali priamo na stavbách popri bežnom vykonávaní kontrolných skúšok na rôznych častiach konštrukcií násypov (podložie násypu, teleso násypu, konštrukčná pláň), na podkladových vrstvách vozovky zo štrkodrviny, cementom stmelenej vrstve typu CBGM C_{8/10} a v menšej miere aj na ložnej a obrusnej asfaltovej vrstve. Testované materiály boli tiež v dosť širokom spektre od kamenitých až balvanitých sypanín, kombinácií vrstiev kamenitých sypanín a hlinitých pieskov vo vrstevnatom násype, vrstve kamenitej sypaniny na ílovitom podloží, vápnom spevnenej spraše, stabilizovaného popolčeka, štrkodrviny rôzneho pôvodu a frakcie, kamenive spevnené cementom až po asfaltové zmesi. Získané hodnoty z homogénnych celkov, t.j. z rovnakého typu konštrukcie a rovnakého materiálu tvoria zatiaľ menšie súbory s obsahom od 10 do 50 hodnôt, ktoré sú zatiaľ málo reprezentatívne na to, aby sa výsledky z nich dali hodnoverne generalizovať. Napriek tomu sa v nižšie uvedených grafoch už naznačujú závislosti, z ktorými je možné naďalej pracovať (obr. 4 až 8 a rovnice 1 až 5). Merania budú naďalej pokračovať a odborná verejnosť bude o nich priebežne informovaná. Cieľom programu porovnávacích skúšok je získať dostatok informácií na to, aby táto metóda mohla byť aj v našich podmienkach používaná ako validovaná, verifikovaná a normalizovaná metóda.

2. – 3. října 2012, FAST VUT v Brně



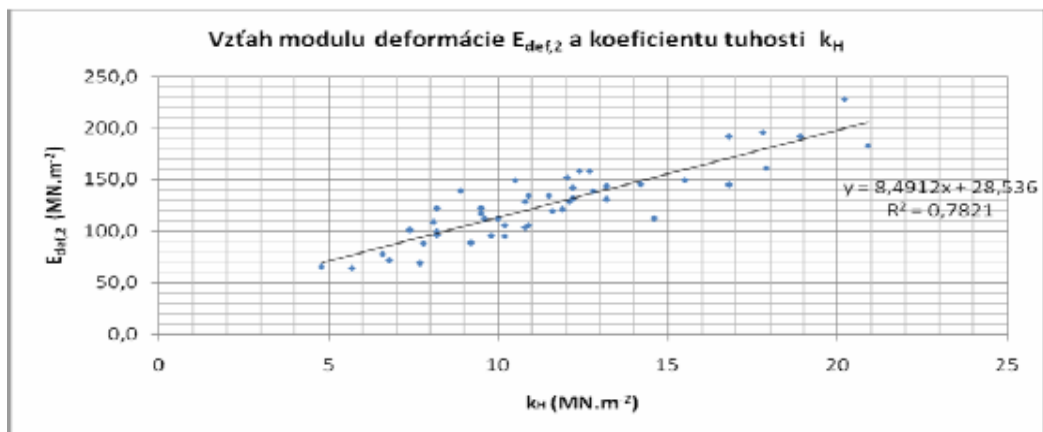
Obr. 4 Porovnávanie merania geosondy H-4140 so statickou zaťažovacou skúškou (SZS), doska 357 mm, STN 736133:2010, príloha F, na konštrukcii aktívnej zóny a spodnej podkladovej vrstvy zo ŠD cestného násypu rýchlostnej komunikácie

$$E_{def,2} = 0,727 \cdot E_H + 48,358 \rightarrow n = 48, R = 0,8881 \quad (1)$$



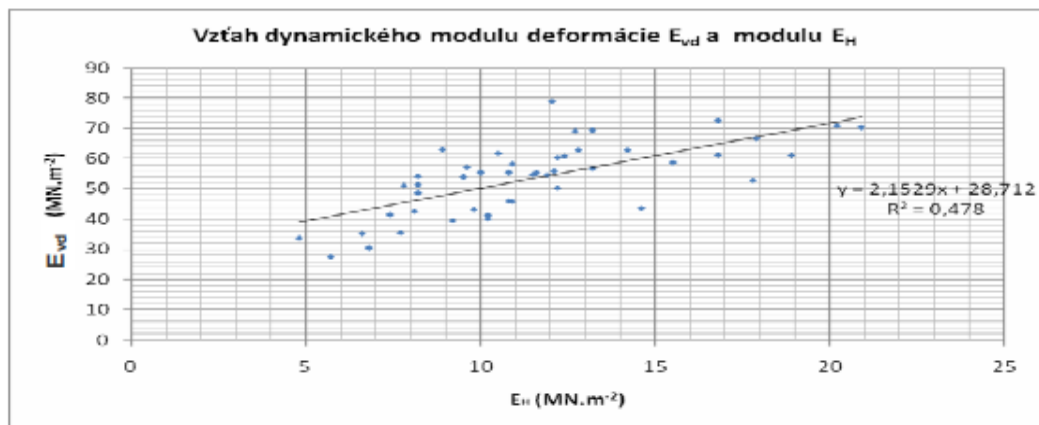
Obr. 5 Porovnávanie merania geosondy H-4140 so SZS, doska 357 mm, STN 736133:2010, príloha F, na konštrukcii aktívnej zóny a spodnej podkladovej vrstvy zo štrkodrviny cestného násypu rýchlostnej komunikácie

$$E_{def,1} = 0,215 \cdot E_H + 25,514 \rightarrow n = 48, R = 0,7629 \quad (2)$$



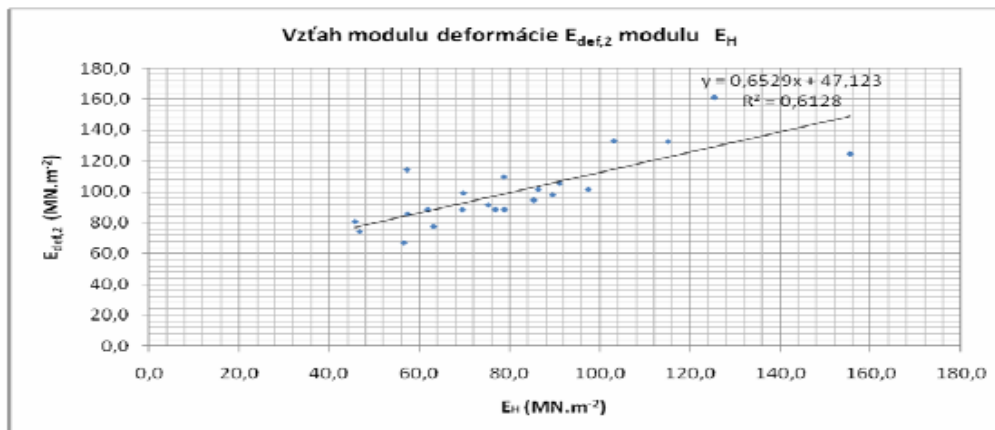
Obr. 6 Porovnávacie merania geosondy H-4140 so SZS, doska 357 mm, STN 736133:2010, príloha F, na konštrukcii aktívnej zóny a spodnej podkladovej vrstvy zo štrkodrviny cestného násypu rýchlostnej komunikácie

$$E_{def,2} = 8,491 \cdot k_H + 28,536 \rightarrow n = 48, R = 0,8844 \quad (3)$$



Obr. 7 Porovnávacie merania geosondy H-4140 s dynamickou zaťažovacou skúškou, doska 300 mm, STN 736133:2010, na konštrukcii aktívnej zóny a spodnej podkladovej vrstvy zo štrkodrviny cestného násypu rýchlostnej komunikácie

$$E_{def,2} = 0,653 \cdot E_H + 47,123 \rightarrow n = 22, R = 0,7828 \quad (4)$$



Obr. 8 Porovnávacie merania geosondy H-4140 so SZS, doska 357 mm, STN736.133:2010, príloha F, na konštrukcii nízkeho násypu zloženia – íl štrkovitý + kamenitá sypanina fr.0/200 hr. 500 mm – Letisko Sliach, VPD

$$E_{def,2} = 0,653 \cdot E_H + 47,123 \rightarrow n = 22, R = 0,7828 \quad (5)$$

3. Záver

Opísané nedeštruktívne, rýchle skúšobné metódy sú pozitívnym príspevkom v praxi stavebného dozoru pre operatívnu a flexibilnú kontrolnú činnosť. Pri dobrej nadväznosti na výsledky iných, dlhodobo používaných a overených druhov skúšok a meraní je hodnovernosť a spoľahlivosť ich výsledkov veľmi vysoká. Preto by bolo veľmi vhodné, keby spolu s mnohými ďalšími modernými metódami, dostali miesto aj v našich nových európskych normách, aby ich bolo možné využívať v súlade s platnou legislatívou.

Literatúra

- [1] Starší, Zgútová, Decký, Diagnostika podložia a podkladových vrstiev vozovky geosondou Humboldt H-4140, Zborník prednášok Konferencia Q – 2011 Výstavba, financovanie a spoplatnenie ciest a diaľnic, 2011
- [2] GEOGAUGE™ USER GUIDE (Humboldt Mfg. Co., Norridge, Illinois, 2007)
- [3] Ján Čorej a kol.: Mechanika vozoviek. Žilinská univerzita, EDIS-vydavateľstvo ŽU, Žilina, 2001, ISBN 80-7100-862-1.

[4] Li Yanfeng: Use of a BCD for compaction control. Texas A&M University, 2004, dizertačná práca.

[5] ASTM D6758-02 Standard Test Method for Measuring Stiffness and Apparent Modulus of Soil and Soil-Aggregate In-Place by an Electro-Mechanical Method, 2002.

[6] Decký, M.; Drusa, M.; Zgútová, K.; Vangel, J.; Trojanová, M.; Benč, G.; Starší, B. 2009. Navrhovanie a kontrola zemných konštrukcií inžinierskych stavieb .Scientific monograph. University of Žilina. Žilina: BTO print. 479 p. ISBN 978-80-970139



Tento príspevok vznikol vďaka podpore v rámci OP Výskum a vývoj pre projekt „Nezávislý výskum inžinierskych stavieb na zvýšenie efektívnosti konštrukčných prvkov “ (ITMS: 26220220112) ktorý je spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja.

2. – 3. října 2012, FAST VUT v Brně



Poznámky:

2. – 3. října 2012, FAST VUT v Brně

Poznámky:



Poznámky:

2. – 3. října 2012, FAST VUT v Brně

Vysoké učení technické v Brně



Sborník recenzovaných příspěvků konference
ZKOUŠENÍ A JAKOST VE STAVEBNICTVÍ 2012
www.zkouseniajakost.cz

2. - 3. října 2012, Fakulta stavební VUT v Brně

Editoři:

Ing. Věra Heřmánková, Ph.D., hermankova.v@fce.vutbr.cz

Ing. Ondřej Anton, Ph.D., anton.o@fce.vutbr.cz

Náklad: 130 ks

Rok vydání: 2012

Kontaktní adresa:

VUT v Brně, Fakulta stavební
Ústav stavebního zkušebnictví
Veveří 95, 602 00 Brno

ISBN 978-80-214-4578-9